

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Marko Pavić**

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Izv.prof. dr. sc. Krešimir Grilec

Student:

Marko Pavić

Zagreb, 2015.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru izv.prof.dr.sc. Krešimiru Grilecu na pomoći i savjetima pri izradi diplomskog rada.

Posebno se zahvaljujem roditeljima koji su mi omogućili studiranje i bili mi najveća podrška pri izradi ovog rada te tokom cijelog studija.

Zahvaljujem se djevojci Valentini na podršci prilikom izrade ovog rada.

Također se zahvaljujem djelatnicima Vetropack Straže d.d. na pruženoj pomoći i stručnim savjetima.

*Marko Pavić*



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo  
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **MARKO PAVIĆ** Mat. br.: 0035183755

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **MATERIJALI ALATA ZA IZRADU STAKLENE AMBALAŽE**

Naslov rada na engleskom jeziku: **TOOL MATERIALS FOR PRODUCTION OF GLASS PACKAGING**

Opis zadatka:

Ambalaža je svaki proizvod, bez obzira na prirodu materijala od kojeg je izrađen, koji se koristi za držanje, zaštitu, rukovanje, isporuku i predstavljanje robe. Ambalažni materijal može biti papirni, stakleni, metalni, drveni, tekstilni, polimerni i višeslojni od različitih materijala. Izbor materijala alata za izradu ambalaže ovisi o vrsti ambalažnog materijala.

U ovom radu je potrebno:

- 1) Analizirati djelatnost jednog od proizvođača staklene ambalaže.
- 2) Opisati proces proizvodnje staklene ambalaže.
- 3) Dati pregled alatnih materijala za izradu staklene ambalaže.
- 4) Pronaći primjer i analizirati trošenje alata za staklenu ambalažu.
- 5) Provesti prateća ispitivanja i dati zaključak.

Zadatak zadan:

7. svibnja 2015.

Rok predaje rada:

9. srpnja 2015.

Predviđeni datum obrane:

15., 16. i 17. srpnja 2015.

Zadatak zadao:

*K. Grilec*

Izv.prof.dr.sc. Krešimir Grilec

Predsjednik Povjerenstva:

*F. Cajner*

Prof. dr. sc. Franjo Cajner



## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	VI
POPIS OZNAKA .....	VII
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY .....	IX
1. UVOD .....	1
2. PRIKAZ PODUZEĆA OMCO CROATIA d.o.o. ....	3
2.1 Općenito o poduzeću .....	3
2.2 Tržište.....	6
2.3. Djelatnost poduzeća .....	8
3. PRIKAZ PODUZEĆA VETROPACK STRAŽA d.d.....	16
3.1. Vetropack grupa .....	16
3.2. Povijest i razvoj Vetropack Straže .....	18
3.3. Građevinski objekti i proizvodne hale.....	22
3.4. Proizvodni program.....	23
3.5. Proces proizvodnje .....	25
3.5.1. Planiranje proizvodnje .....	25
3.5.2. Priprema proizvodnje.....	27
3.5.3. Taljenje staklene smjese .....	27
3.5.4. Proizvodnja staklenih spremnika .....	31
3.5.5. Ispitivanje u vrućoj zoni .....	39
3.5.6. Vruće oplemenjivanje .....	40
3.5.7. Hlađenje staklenih spremnika .....	40
3.5.8. Hladno oplemenjivanje staklenih spremnika .....	41
3.5.9. Ispitivanje staklenih spremnika .....	41
3.5.10. Paletiziranje .....	42
3.5.11. Etiketiranje i termostezanje.....	42
4. MATERIJALI ZA IZRADU ALATA ZA STAKLENU AMBALAŽU .....	44
4.1. Sivi lijev .....	47
4.1.1. Kemijski sastav .....	47
4.1.2. Mikrostruktura .....	48
4.1.3. Toplinska obrada.....	50
4.1.4. Svojstva sivog lijeva .....	53
4.1.5. Primjena sivog lijeva.....	53
4.2. Nodularni lijev.....	56
4.2.1. Kemijski sastav.....	56
4.2.2. Mikrostruktura .....	57
4.2.3. Toplinska obrada.....	58
4.2.4. Svojstva nodularnog lijeva .....	61

4.2.5. Primjena nodularnog lijeva .....	61
4.3. Bronca .....	62
4.3.1. Kemijski sastav bronci .....	62
4.3.2. Primjena bronce .....	64
5. TRIBOLOGIJA I OSNOVNI MEHANIZMI TROŠENJA .....	66
5.1. Abrazija .....	67
5.2. Adhezija .....	67
5.3. Umor površine.....	68
5.4. Tribokorozija.....	68
5.5. Trošenje alata za staklarsku industriju .....	68
5.6. Popravak alata za staklarsku industriju .....	69
6. EKSPERIMENTALNI DIO.....	72
6.1. Primjeri istrošenih alata.....	72
6.2. Kemijska analiza materijala .....	79
6.3. Metalografska analiza.....	82
6.4. Ispitivanje tvrdoće .....	88
7. ZAKLJUČAK .....	91
8. LITERATURA.....	92

## POPIS SLIKA

Slika 1.	Članice grupe OMCO International .....	4
Slika 2.	Upravna zgrada i dio pogona OMCO Croatia d.o.o. ....	4
Slika 3.	Prihodi poduzeća Omco Croatia d.o.o u vremenskom intervalu od 1997.-2008. godine .....	5
Slika 4.	Kretanje broja zaposlenih .....	5
Slika 5.	Zlatna kuna- za najuspješnije srednje poduzeće u Republici Hrvatskoj .....	5
Slika 6.	Zlatni ključ- za najuspješnijeg srednjeg izvoznika u Republici Hrvatskoj .....	6
Slika 7.	Udio proizvoda plasiranih iz Omco grupacije na tržište država bivšeg Sovjetskog saveza .....	7
Slika 8.	Primjeri boca za koje je Omco Croatia d.o.o. proizveo kalupe .....	7
Slika 9.	Specijalne boce Kozak i Stradivari .....	7
Slika 10.	Kalup .....	8
Slika 11.	Zagrijavanje polovica kalupa u specijalnoj peći .....	8
Slika 12.	Ručno navarivanje kalupa .....	9
Slika 13.	Dno kalupa .....	9
Slika 14.	Predkalup .....	10
Slika 15.	Dno predkalupa .....	10
Slika 16.	Grlo .....	11
Slika 17.	Prsten grla .....	11
Slika 18.	Jezgrenik .....	12
Slika 19.	Vođica jezgrenika .....	12
Slika 20.	Čahura za kap .....	13
Slika 21.	Glava za puhanje .....	13
Slika 22.	Oduzimač boca .....	14
Slika 23.	Umetak za hlađenje jezgrenika .....	14
Slika 24.	Vetropack grupa .....	16
Slika 25.	Udio proizvedene ambalaže prema namjeni u prvoj polovici 2013. godine .....	17
Slika 26.	Udio proizvedene ambalaže prema namjeni u prvoj polovici 2014. godine .....	17
Slika 27.	Omjeri prihoda unutar Vetropack grupe za prvu polovicu 2013. godinu .....	18
Slika 28.	Omjeri prihoda unutar Vetropack grupe za prvu polovicu 2014. godine .....	18
Slika 29.	Straža 1860. godine .....	19
Slika 30.	Straža 1960. godine .....	20
Slika 31.	Straža 1970. godine .....	20
Slika 32.	Straža 1980. godine .....	21
Slika 33.	Straža 1990. godine .....	21
Slika 34.	Vetropack Straža tvornica stakla d.d. 2005. godine .....	22
Slika 35.	Građevinski objekti i proizvodne .....	22
Slika 36.	Tržište 2006. godine .....	23
Slika 37.	Asortiman proizvoda .....	24
Slika 38.	Standardne boje .....	25
Slika 39.	Specijalne boje .....	25
Slika 40.	Dijagram toka procesa proizvodnje .....	26
Slika 41.	Cjelokupan proces proizvodnje staklene ambalaže .....	27
Slika 42.	Taljenje staklene smjese .....	28
Slika 43.	Struktura stakla .....	28
Slika 44.	Stakleni krš .....	31
Slika 45.	Boce nakon izlaza iz kalupne strane staklarskog stroja .....	32
Slika 46.	Kap ulazi u predkalup .....	33

Slika 47.	Prešanjem se postiže predoblik .....	33
Slika 48.	Prebacivanje predoblika u kalup i njegovo zagrijavanje .....	34
Slika 49.	Puhanjem se postiže konačan oblik artikla.....	34
Slika 50.	Raspon temperatura u procesu PB.....	35
Slika 51.	Kap ulazi u predkalup.....	35
Slika 52.	Prešanjem se postiže predoblik .....	36
Slika 53.	Prebacivanje predoblika u kalup i njegovo zagrijavanje .....	36
Slika 54.	Puhanjem se postiže konačan oblik artikla.....	37
Slika 55.	Oblikovanje grla .....	37
Slika 56.	Oblikovanje predoblika .....	38
Slika 57.	Oblikovanje boca.....	38
Slika 58.	Raspon temperatura kod procesa BB .....	39
Slika 59.	Ispitivanje staklenih spremnika u vrućoj zoni .....	39
Slika 60.	Vruće oplemenjivanje.....	40
Slika 61.	Hladionik .....	40
Slika 62.	Hladno oplemenjivanje.....	41
Slika 63.	Automatsko ispitivanje.....	42
Slika 64.	Etiketiranje .....	43
Slika 65.	Termostezanje .....	43
Slika 66.	3D prikaz osnovnog odljevka kalupa .....	45
Slika 67.	Tipovi listića grafita .....	48
Slika 68.	Mikrostruktura perlitno-feritnog sivog lijeva, povećanje 250:1 .....	49
Slika 69.	Dijagram postupka žarenja za smanjenje zaostalih naprezanja kod sivog lijeva ..	50
Slika 70.	Opći dijagram postupka žarenja za poboljšanje obradljivosti sivoga lijeva .....	50
Slika 71.	Dijagram postupka normaliziranja sivog lijeva.....	51
Slika 72.	Opći dijagram postupka kaljenja (poboljšavanja) sivog lijeva .....	51
Slika 73.	Postolje tokarskog stroja .....	53
Slika 74.	Blok brodskog motora .....	53
Slika 75.	Košuljice cilindra.....	54
Slika 76.	Dio alata za staklenu ambalažu .....	54
Slika 77.	Mikrostruktura feritnog nodularnog lijeva, povećanje 100x, nagriženo 4% nitalom .....	56
Slika 78.	Mikrostruktura feritno-perlitnog nodularnog lijeva, povećanje 100x, nagriženo 4% nitalom.....	57
Slika 79.	Mikrostruktura perlitnog nodularnog lijeva, povećanje 100x, nagriženo 4% nitalom.....	57
Slika 80.	Dijagram postupka žarenja za redukciju zaostalih naprezanja kod nodularnog lijeva .....	58
Slika 81.	Dijagram postupka žarenja za poboljšanje obradljivosti nodularnog lijeva.....	58
Slika 82.	Dijagram postupka normalizacije odljevka od nodularnog lijeva.....	59
Slika 83.	Dijagram postupka poboljšavanja odljevka od nodularnog lijeva .....	59
Slika 84.	Dijagram stanja Cu-Al s prikazom mikrostrukturnih promjena legure s 10 % Al	62
Slika 85.	Primjeri primjene bronce .....	64
Slika 86.	Grlo.....	64
Slika 87.	Oduzimač boca .....	64
Slika 88.	Tribološki sustav .....	67
Slika 89.	Abrazija .....	67
Slika 90.	Adhezija.....	68
Slika 91.	Hlađenje alata .....	69
Slika 92.	Postupak čišćenja alata .....	70

Slika 93.	Lepezasti brusni kolut .....	70
Slika 94.	Istrošenost kalupa za Heineken- primjer 1 .....	72
Slika 95.	Pukotine kod kalupa za Heineken- primjer 2 .....	73
Slika 96.	Istrošenost brončanog kalupa- primjer 1 .....	73
Slika 97.	Pukotine kod brončanog kalupa - primjer 2 .....	74
Slika 98.	Istrošenost jezgrenika .....	74
Slika 99.	Istrošenost grafitnog oduzimača boca .....	75
Slika 100.	Istrošenost brončanog kalupa za Coctu- primjer 1 .....	76
Slika 101.	Istrošenost brončanog kalupa za Coctu- primjer 2 .....	77
Slika 102.	Istrošenost brončanog kalupa za Coctu- primjer 3 .....	78
Slika 103.	Optički emisijski spektrometar GDS 850A, Leco .....	79
Slika 104.	Mehanizam pobude atoma uzorka kod GD-OES analize.....	80
Slika 105.	Shematski prikaz spektrometra u GD-OES uređaju .....	80
Slika 106.	Alat iz kojeg je izrezan uzorak .....	82
Slika 107.	Uređaj za brušenje uzorka .....	83
Slika 108.	Uređaj za poliranje .....	83
Slika 109.	Postupak nagrivanja.....	84
Slika 110.	Svjetlosni mikroskop OLYMPUS GX51 .....	84
Slika 111.	Mikrostruktura u poliranom stanju(sredina), povećanje 100x .....	85
Slika 112.	Mikrostruktura u poliranom stanju(sredina), povećanje 500x .....	85
Slika 113.	Mikrostruktura u poliranom stanju(rub), povećanje 500x.....	86
Slika 114.	Mikrostruktura u nagriženom stanju(sredina), povećanje 100x .....	86
Slika 115.	Mikrostruktura u nagriženom stanju(sredina), povećanje 500x .....	87
Slika 116.	Mikrostruktura u nagriženom stanju(rub), povećanje 100x .....	87
Slika 117.	Klingensteinov strukturni dijagram .....	88
Slika 118.	Prikaz indentora i otiska kod Vickersove metode .....	88
Slika 119.	Postupak ispitivanja mikrotvrdoće .....	89

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Kemijski sastav i mehanička svojstva nekih materijala koji se koriste u poduzeću Omco .....	44
Tablica 2. Zahtjevi svojstva alatnih materijala.....	46
Tablica 3. Djelovanje primjesa na određena svojstva sivog lijeva.....	47
Tablica 4. Osnovni postupci toplinske obrade kod sivog lijeva.....	49
Tablica 5. Osnovni postupci toplinske obrade nodularnog lijeva .....	57
Tablica 6. Rezultati kemijske analize ispitivanog uzorka .....	81
Tablica 7. Rezultati ispitivanja tvrdoće .....	90

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
<i>A</i>	<i>%</i>	<i>istezljivost materijala</i>
<i>CE</i>	<i>%</i>	<i>ekvivalent ugljika</i>
<i>E</i>	<i>N/mm<sup>2</sup></i>	<i>modul elastičnosti</i>
<i>Rm</i>	<i>N/mm<sup>2</sup></i>	<i>vlačna čvrstoća</i>
<i>Sz</i>		<i>stupanj zasićenja</i>

## SAŽETAK

Ambalaža je svaki proizvod, bez obzira na prirodu materijala od kojeg je izrađen, koji se koristi za držanje, zaštitu, rukovanje, isporuku i predstavljanje robe. Ambalažni materijal može biti papirni, stakleni, metalni, drveni, tekstilni, polimerni i višeslojni od različitih materijala. Izbor materijala alata za izradu ambalaže ovisi o vrsti ambalažnog materijala.

U ovom radu je predstavljen jedan od proizvođača alata za staklenu ambalažu te je prikazan cjelokupni alat sa svim njegovim dijelovima. Dalje je opisan proces proizvodnje staklene ambalaže te je dat pregled alatnih materijala koji se koriste za izradu alata za staklenu ambalažu.

U eksperimentalnom dijelu radu su pronađeni primjeri trošenja te razrađeni problemi koji se javljaju kod alata za staklenu ambalažu. Na jednom nepoznatom uzorku je ispitan kemijski sastav, određena mikrostruktura te ispitana mikrotvrdoća.

Ključne riječi: staklena ambalaža, alat, trošenje



## SUMMARY

Packaging is each product, irrespective of the nature of the material from which it is made, which is used for holding, protecting, handling, delivering and presentation of goods. Packaging material can be paper, glass, metal, wood, textile, polymer and a multilayer of different materials. Material selection of tools for creating packaging depends on the type of packaging material.

In this work is presented on of the manufacturer of tools for glass packaging and it is shown the entire tool and all its parts. Below is described process of production for glass containers and is given an overview of tool materials used for making tools for glass packaging.

In the experimental part of the work have been found examples of wear and worked out problems that occur with tools for glass packaging. On one unknown sample is tested chemical composition, microstructure and hardness.

Key words: glass packaging, tool, wear

## 1. UVOD

Konkurencija je danas postala uistinu globalna s podijeljenim tržištem gdje kupci zaista očekuju najbolje proizvode s najpovoljnijom cijenom te sa što kraćim rokovima isporuke. Utjecaj globalizacije se može primjetiti na tome što se ukidaju ograničenja protoka robe, usluge, ljudi i ideja između različitih država i dijelova svijeta, odnosno, utvrđuju se pravila jedinstvenog svjetskog tržišta s glavnim naglaskom na konkurenciju i razvoj. Samu globalizaciju kao proces je nemoguće izbjeći s obzirom na vrlo visoku razinu svjetske gospodarske konkurentnosti te vrlo visokog stupnja razvoja tehnologije, posebice informatičke. Takvo globalno tržište nameće visoke kriterije kvalitete, učinkovitosti te razvojnih sposobnosti.

Otvorenost prema svjetskom tržištu, duboka međunarodna integracija i revolucija u ekonomiji znanja oblikuju globalizaciju kao proces kojim se intezivira konkurentnost na tržištu. Naime, trendovi su danas u svijetu da postoje viškovi (oko 30%) svih roba i usluga te je vrlo važna usredotočenost na kupca.[1]

Ispunjavati zahtjeve kupaca traži:

- visok stupanj fleksibilnosti
- jeftine i jednostavne proizvodne postupke
- kratke rokove isporuke.

Na samom sjeverozapadu Hrvatske, tj. u malom mjestu Humu na Sutli u Hrvatskom Zagorju, smješteno je središte staklarske industrije jugoistočne Europe. Dugogodišnja tradicija proizvodnje staklene ambalaže, koja je počela još davne 1860. godine, rezultirala je razvojem ovog kraja u gospodarskom i ekonomskom smislu. U ovom malom mjestu nalazi se vodeća tvornica za proizvodnju staklene ambalaže u jugoistočnoj Europi, Vetropack Straža i vodeća alatnica Omco Croatia koja izrađuje alat za staklarsku industriju u Europi.

Prirodna bogatsva, kao što su kvarcni pijesak, voda i šume potakli su njemačke industrijalce sredinom 19. stoljeća da u tom mjestu pokrenu proizvodnju staklene ambalaže. Proizvodnja staklene ambalaže se neprestano unaprjeđivala kroz povijest ulaganjem u nove tehnologije, opremu, obuku zaposlenika i općenito u razvoj sredine jer se danas to radi o vrlo bogatoj općini koja danas ima najmanji postotak nezaposlenih. Rezultat ovakvog rada je njihov status koji imaju na europskom pa čak i na svjetskom tržištu.

Jedna od glavnih i značajnih odluka koje su pridonijele ovakvom razvoju je odluka o proizvodnji vlastitih alata za potrebe same staklane. Ona je donesena kasnih dvadesetih godina prošlog stoljeća. U to vrijeme je bilo vrlo važno da alat kojim se izrađuje staklena ambalaža bude dostupan na mjestu same proizvodnje upravo zbog nesavršenosti proizvodnje i tehnologije izrade alata koja se kasnije odražava i na krajnji proizvod, a to je staklena ambalaža, tj. sama boca. Prvenstveno se to odnosi na korekcije alata vršene nakon probne serije ambalaže jer je bilo vrlo teško proizvesti boce sa pravilnom i jednolikom debljinom stijenke i bez nečistoća. Na temelju tih iskustava kroz dugi niz godina, poduzeće se specijaliziralo ne samo za problematiku proizvodnje staklene ambalaže već i za proizvodnju alata za staklenu ambalažu.

I u ostalom se dijelu Europe u to vrijeme paralelno razvijala proizvodnja alata, ali prednost europskih poduzeća je u tome što su one imale razvijeniju tehnologiju, obrazovanje zaposlenike i dugogodišnje iskustvo u odnosu na Stražu. To se odrazilo i u novijoj povijesti kada su vodeće staklane u Europi mnogo ranije odlučile na izdvajanje odjela za izradu alata te se usredotočile na posao koji se smatra jezgra njihovog poduzeća "core business", a to je u ovom slučaju proizvodnja staklene ambalaže. Početkom devedesetih se to izdvajanje odnosno "outsourcing" proizvodnje alata dogodio kod Straže kada se iz matičnog poduzeća Straža osnovalo novo poduzeće Alatnica koje je udaljeno svega 3 kilometra što je naravno vrlo važno. Također se iz Straže izdvojila i proizvodnja plastičnih potrepština (nosiljke za boce, čepovi, trake i ostalo što je potrebno) koji su upotpunjavali paletu usluga same tvornice te je nastalo poduzeće pod nazivom Straža plastika.

Globalizacija je odigrala veliku ulogu kod Straže odnosno Alatnice koje su kasnije postale dijelom moćnih europskih grupacija. Zahvaljujući njihovim ulaganjima u tehnologiju i razvoj te neprestanim poboljšanjem procesa proizvodnje, globalizacija se u ovom slučaju može ocijeniti kao vrlo pozitivan proces od kojeg koristi imaju i vlasnici kompanije, ali i male sredine u kojima se ta poduzeća nalaze.[2, 3]

## **2. PRIKAZ PODUZEĆA OMCO CROATIA d.o.o.**

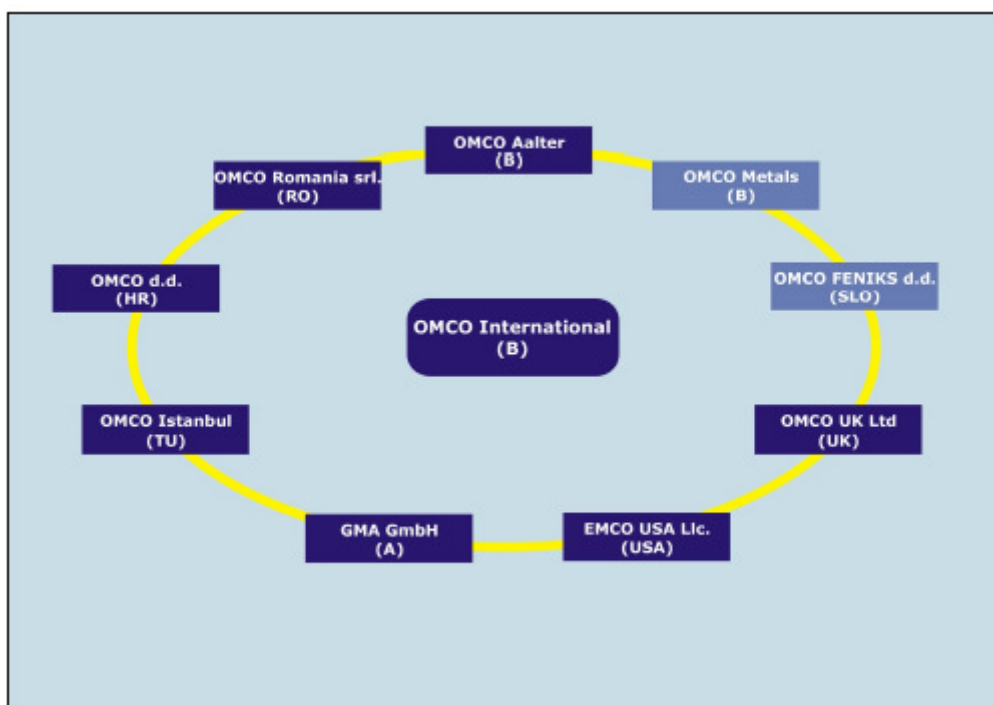
### **2.1 Općenito o poduzeću**

Povijest današnjeg poduzeća Omco Croatia d.o.o seže od daleke 1860. godine kada je na tim prostorima znameniti bavarski industrijalac Michael von Poschinger osnovao staklanu koja je prema nazivu katastarske čestice dobila ime "Straža". Kasnih dvadesetih godina prošlog stoljeća uz pomoć njemačkog majstora započela proizvodnju vlastitih alata za oblikovanje stakla u tada već tvornici s oko 250 zaposlenih i vlastitom pilanom, proizvodnjom struje i plina za loženje peći.

Značajan uspjeh metalci u okviru staklane postižu 1954. konstruiranjem i proizvodnjom alata za vrlo poznatu bocu Yugo Cocte. Početkom 1979. godine unutar RO Straža osnovan je OOUR Alatnica s ciljem proizvodnje alata za oblikovanje staklene ambalaže i alata za oblikovanje plastike. 1990. godine OOUR se izdvaja iz RO Straža i privatizira te do 1997. godine posluje kao samostalno poduzeće pod imenom Straža- Alatnica sa 140 zaposlenih djelatnika.

Proizvodnja alata za izradu staklene ambalaže u Alatnici do 1997. godine bila je na tehnološki vrlo niskoj razini s ograničenim tržištem i mogućnošću razvoja. Upravo te godine, 1997., europski div za proizvodnju alata i kalupa za staklenu ambalažu "OMCO" se odlučuje za preuzimanje i moderniziranje "Alatnice" te se naziv tvrtke mijenja u OMCO Croatia d.o.o.

Danas je poduzeće OMCO Croatia d.o.o. dio grupacije OMCO International vodećeg svjetskog proizvođača alata i kalupa za proizvodnju staklene ambalaže sa sjedištem u Belgiji i podružnicama u Austriji, Engleskoj, Sloveniji, Turskoj, Rumunjskoj, SAD-u, i Republici Hrvatskoj.[2]



Slika 1. Članice grupe OMCO International[4]

U proteklih petnaestak godina poduzeće Omco Croatia d.o.o. je izraslo u vodećeg člana te grupacije sa proizvodnjom od 40% ukupne proizvodnje cijele Omco grupacije i ubilježava rast proizvodnje od 20% godišnje.

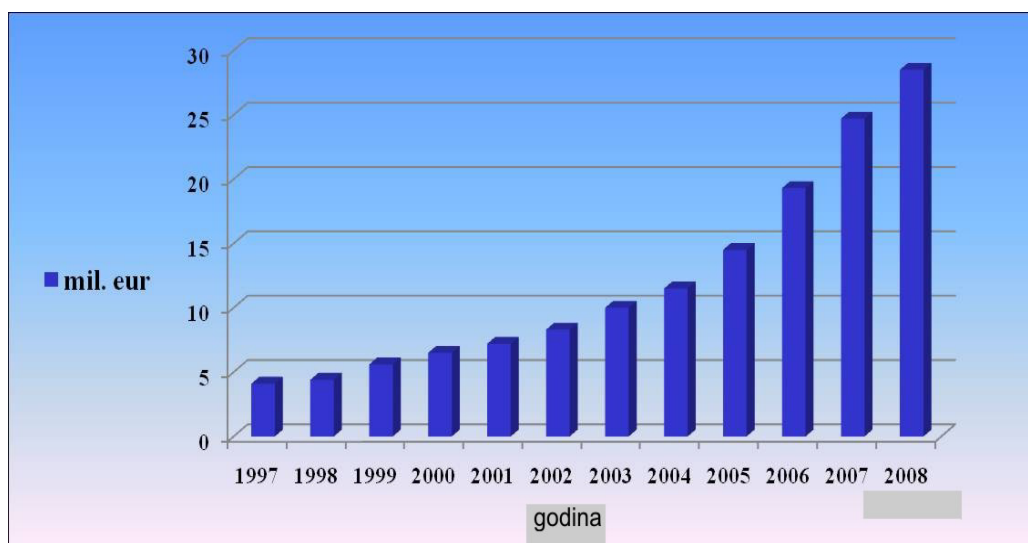


Slika 2. Upravna zgrada i dio pogona OMCO Croatia d.o.o.[5]

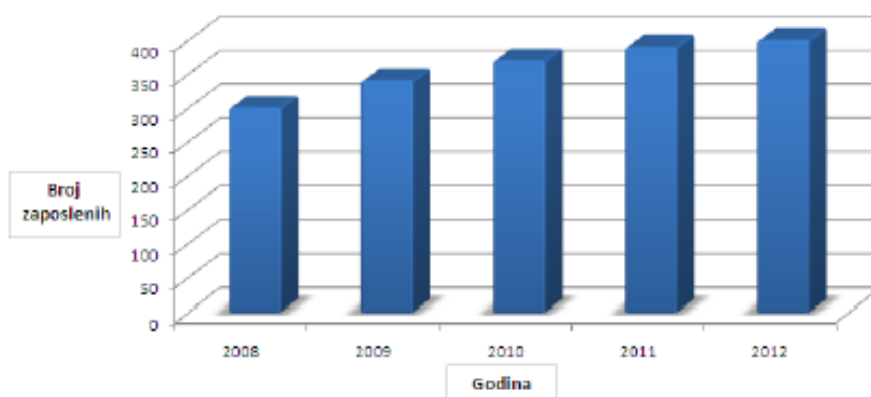
Uspješnost Omco-va poslovanja se temelji na jakom izvozu koji čini 90% ukupne proizvodnje.

Direktor Omca i izvršni direktor cijele grupacije Darko Ranogajec istaknuo je da je novi investicijski ciklus vrijedan preko 30 milijuna eura krenuo u siječnju ove godine, koji će omogućiti rast proizvodnje od 35 do 40% te otvaranje 100 novih radnih mjesta, čime će broj zaposlenih porasti na 600-tinjak. Također, još jedan podatak koji nam govori o uspješnosti ovog poduzeća je to da je Omco Croatia d.o.o. u periodu od 2007. do 2013. godine već

investirao 24,71 milijun eura u modernizaciju proizvodnje i proširenje proizvodnih prostora i kapaciteta.[6]



Slika 3. Prihodi poduzeća Omco Croatia d.o.o u vremenskom intervalu od 1997.-2008. godine[5]



Slika 4. Kretanje broja zaposlenih[5]

Omco Croatia d.o.o. već nekoliko godina dobiva prestižne nagrade Hrvatske gospodarske komore za najuspješnije srednje poduzeće odnosno za jednog od najboljih hrvatskih srednjih izvoznika u Republici Hrvatskoj.[4]



Slika 5. Zlatna kuna- za najuspješnije srednje poduzeće u Republici Hrvatskoj[4]



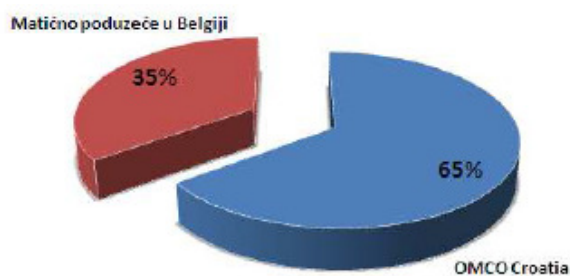
Slika 6. Zlatni ključ- za najuspješnijeg srednjeg izvoznika u Republici Hrvatskoj[4]

## 2.2 Tržište

Poduzeće Omco Croatia d.o.o. je uglavnom orijentirano na izvoz svojih proizvoda. Njegova glavna tržišta u koja izvoze svoje proizvode su:

- Njemačka
- Italija
- Bugarska
- Francuska
- Finska
- Češka Republika
- Litva
- Španjolska
- Slovačka
- Srbija

Veliki dio tržišta koje dotična tvrtka opskrbljuje predstavljaju i države bivšeg Sovjetskog saveza, a to su Rusija i Ukrajina. Od ukupnog asortimana proizvoda što ih korporacija Omco d.o.o. izbacuje na tržište, 65% proizvoda proizlazi iz poduzeća Omco Croatia d.o.o., a 35% proizvoda na tržište plasira matično poduzeće u Belgiji. Veliku konkurenciju predstavlja mu Ross Mould. To je korporacija sa sjedištem u SAD-u koja se naglo širi i otvara brojne proizvodne pogone diljem Europe.[2]



Slika 7. Udio proizvoda plasiranih iz Omco grupacije na tržište država bivšeg Sovjetskog saveza[4]

Poduzeće Omco Croatia d.o.o. proizvelo je kalupe za proizvodnju različitih boca, slika 8.[2]



Slika 8. Primjeri boca za koje je Omco Croatia d.o.o. proizveo kalupe[2]



Slika 9. Specijalne boce Kozak i Stradivari[4]



## 2.3. Djelatnost poduzeća

Poduzeće se dugogodišnjim radom i iskustvom specijaliziralo u proizvodnji alata za staklarsku industriju. Ponajviše se to odnosi na proizvodnju staklarskog alata za proizvodnju ambalažnog stakla.

Staklarski se alat sastoji od sljedećih pozicija[2]:

### 1. Kalup



Slika 10. Kalup[2]

Vrlo važan postupak u proizvodnji staklarskih alata je metalizacija ili navarivanje. Navarivanje rubova alata vrši se praškom Colmonoy 227 (na bazi nikla) radi povećanja vijeka trajanja alata i radi mogućnosti popravka oštećenih rubova u fazi proizvodnje boca.



Slika 11. Zagrijavanje polovica kalupa u specijalnoj peći[2]



Slika 12. Ručno navarivanje kalupa[2]

Prije početka navarivanja polovice kalupa se predgrijavaju u elektro peći na otprilike 500-550 °C te se nakon toga pristupa ručnom navarivanju i hlađenju u kutijama sa šamotnom opekom.

Ulažu se velika sredstva i naponi kako bi se proces navarivanja automatizirao te bi se tako uštedjelo na vremenu izrade kalupa i naravno pridonijelo bi se smanjenju škarta, a i jedan dio navarivanja se "outsorcingom" izdvojio iz poduzeća i obavljaju ga kooperanti, specijalizirani na tom području te se također razmišlja o potpunom izdvajanju ove operacije iz proizvodnog procesa, sve u svrhu smanjenja troškova proizvodnje.

## 2. Dno kalupa



Slika 13. Dno kalupa[2]

Na slici 13. je prikazan dio alata koji se zove dno kalupa. Ono služi za oblikovanje dna boce. Vrlo su specifične rupe koje se nalaze na rubu i sa strane ove pozicije zbog njihove uloge u protoku zraka, tj., one osiguravaju nesmetan protok zraka zbog bržeg hlađenja kalupa i dna kalupa.

### 3. Predkalup



Slika 14. Predkalup[2]

Funkcija predkalupa je dobivanje predoblika boce. Kako staklena kap ulazi kroz otvor na vrhu predkalupa, tamo se uz pomoć puhanja zraka ili prešanja oblikuje prema obliku unutrašnje strane predkalupa. Svrha ovakvog procesa je dobiti predoblik boce pomoću kojega se kasnije u samom kalupu dobije ujednačena debljina stijenke same boce.

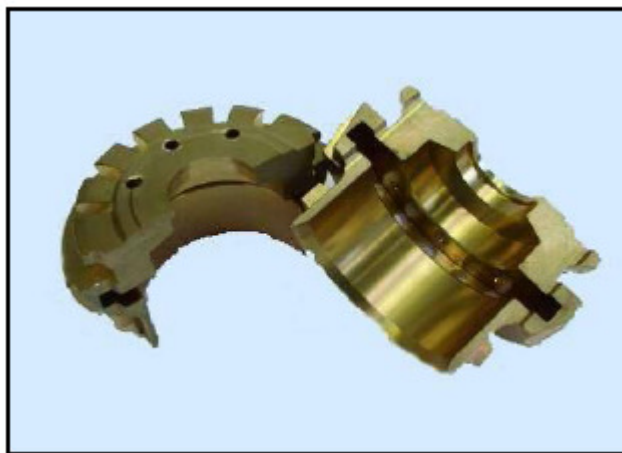
### 4. Dno predkalupa



Slika 15. Dno predkalupa[2]

Dno predakalupa služi za dobivanje predoblika dna boce. Postoje više procesa kojima se dobiva predoblik boce, a u konačnici sam oblik boce što će biti objašnjeno kasnije.

## 5. Grlo



Slika 16. Grlo[2]

Sama funkcija grla je oblikovanje grla boce. Ono se oblikuje već kod izrade predoblika boce, a finalizira kod konačne izrade boce u kalupu. Najčešće se proizvodi iz bronce zbog svoje postojanosti na visokim temperaturama i dugotrajnosti.

## 6. Prsten grla



Slika 17. Prsten grla[2]

Prsten grla također služi za oblikovanje grla boce već kod predoblika boce.

## 7. Jezgrenik



Slika 18. Jezgrenik[2]

Jezgrenik se nalazi s donje strane kalupa. On ulazi kroz grlo i prsten grla te se kroz njega upuhuje zrak koji u konačnici oblikuje predoblik boce. Specifičnost je da vrh jezgrenika mora biti metaliziran i poliran upravo zbog doticaja sa staklenom kapi odnosno da lakše klizi kroz nju i na taj način ostvari ravnomjernu raspodjelu debljine stijenke.

## 8. Vođica jezgrenika



Slika 19. Vođica jezgrenika[2]

Funkcija vođice jezgrenika je centriranje jezgrenika te da olakša njegov ulazak u staklenu kap te tako ravnomjerno upuhuje zrak.

## 9. Čahura za kap



Slika 20. Čahura za kap[2]

Čahura za kap je oblikovana tako da omogućava staklenoj kapi lakši i nesmetani ulazak u predkalup. Površina koja je u doticaju sa staklenom kapi mora biti metalizirana i polirana upravo kao i jezgrenik.

## 10. Glava za puhanje



Slika 21. Glava za puhanje[2]

Glava za puhanje služi za upuhivanje zraka u jezgrenik odnosno u staklenu kap te je tako ravnomjerno raspodijeli po stijenkama predkalupa i kalupa.

## 11. Oduzimač boca



Slika 22. Oduzimač boca[2]

Oduzimač boca služi za prebacivanje predoblika boce iz predkalupa u kalup gdje boca dobiva konačan oblik. On prihvati bocu za grlo te ih zajedno prebacuje iz predaklupa u kalup.

## 12. Umetak za hlađenje jezgrenika



Slika 23. Umetak za hlađenje jezgrenika[2]

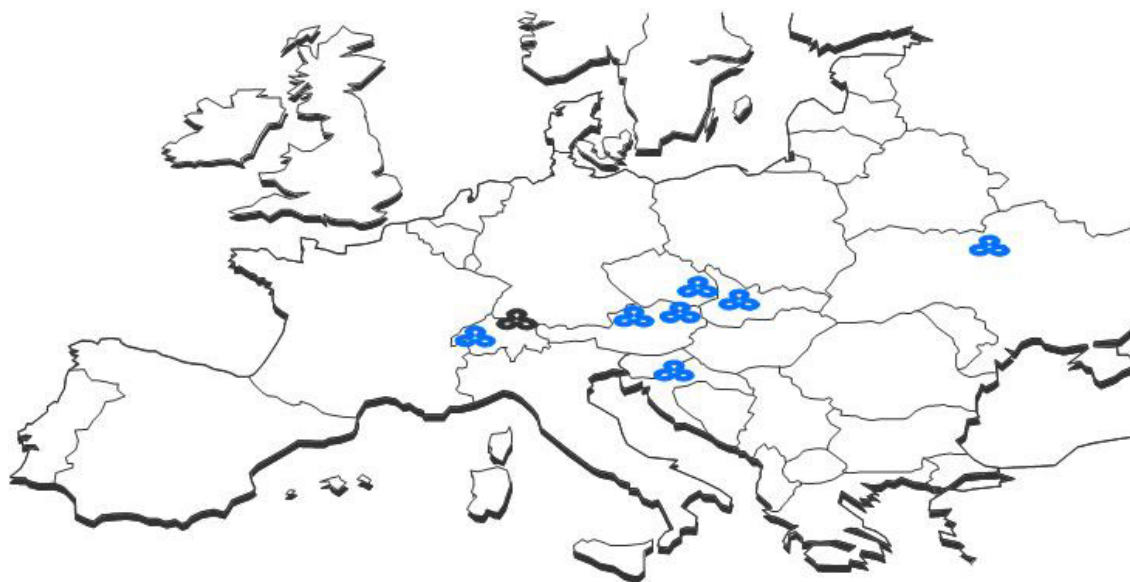
Umetak za hlađenje jezgrenika služi da pomoću zraka kojeg upuhuje u predoblik boce dobiva konačan oblik boce u kalupu. Na njegovom vrhu se vide male rupice kroz koje se zrak upuhuje te se na taj način dobiva ujednačena debljina stijenke boce.



### 3. PRIKAZ PODUZEĆA VETROPACK STRAŽA d.d.

#### 3.1. Vetropack grupa

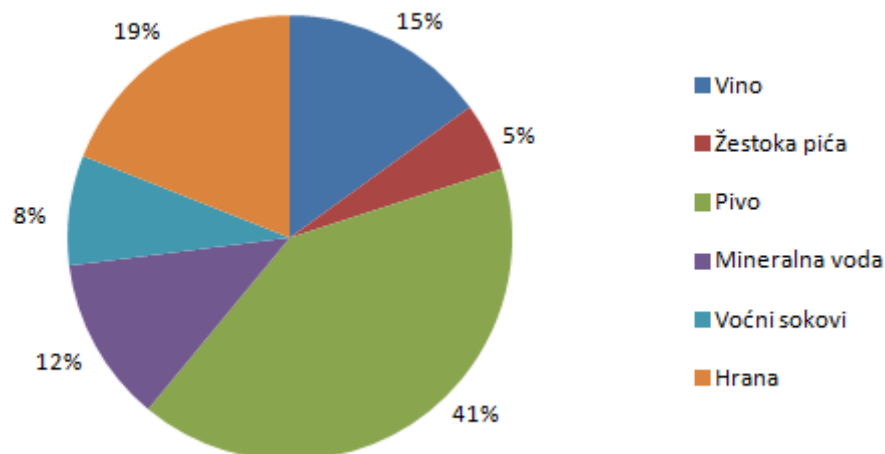
Vetropack je samostalna obiteljska tvrtka sa sjedištem u Bülachu kraj Züricha. Od svog utemeljenja, početkom prošlog stoljeća, kontinuirano se razvija, pa je od lokalnog proizvođača stakla izrastao u internacionalnu grupu.



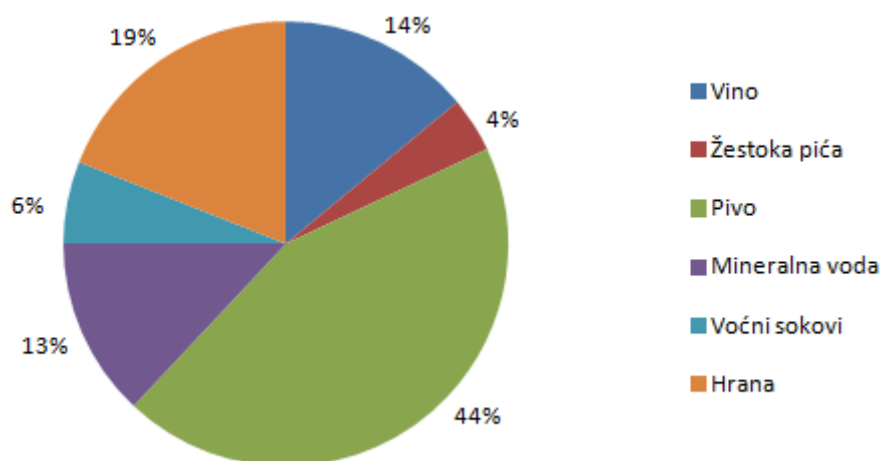
Slika 24. Vetropack grupa[7]

Vetropack je jedan od vodećih proizvođača staklene ambalaže u Europi. Pod motom "staklo oblikovano po mjeri" Vetropack razvija u suradnji sa svojim kupcima staklenu ambalažu koja, prilagođena ciljnoj skupini, formalno i vizualno podupire image proizvoda i njegovu marketinšku strategiju, te istovremeno maksimalno zadovoljava zahtjeve trgovine i potrošača. Vetropackove usluge se protežu od prvoklasnog dizajna ambalaže, preko suvremene proizvodnje i sigurne pravovremene opskrbe, do savjetovanja i potpore u području tehnike punjenja, kondicioniranja i zatvaranja.[7]

Slika 25 odnosno 26 nam prikazuje usporedbu gdje se sve koristi Vetropackova staklena ambalaža te u kojim postocima u prvoj polovici 2013. godine, odnosno u prvoj polovici 2014. godine.[7]



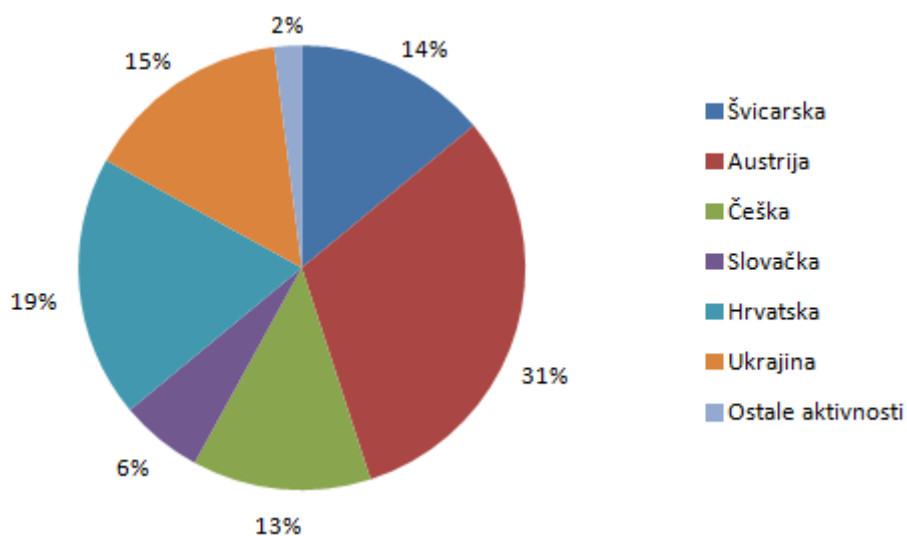
Slika 25. Udio proizvedene ambalaže prema namjeni u prvoj polovici 2013. godine[7]



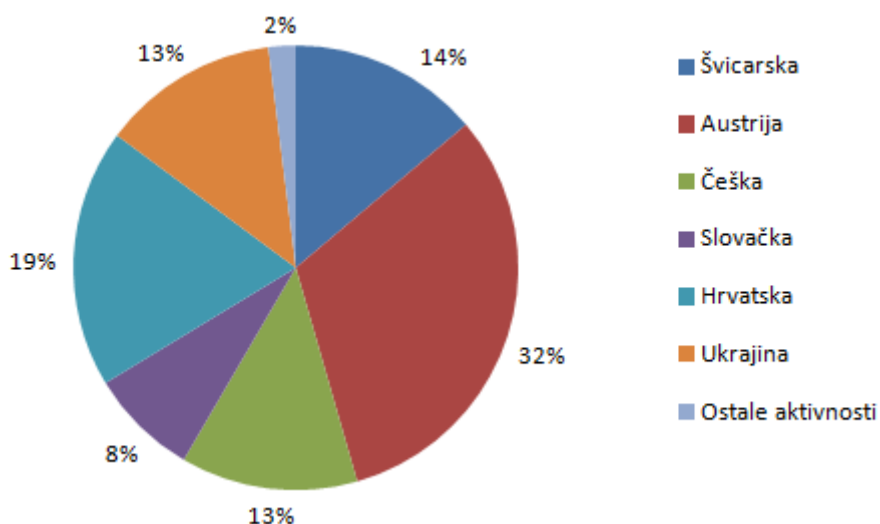
Slika 26. Udio proizvedene ambalaže prema namjeni u prvoj polovici 2014. godine[7]

Ovakav princip sveobuhvatnih usluga opravdava Vetropack-ovu vodeću poziciju na šest domaćih tržišta u Švicarskoj, Austriji, Češkoj, Slovačkoj, Hrvatskoj i Ukrajini. U svojoj poslovnoj strategiji Vetropack svoj asortiman i usluge usmjerava posebno na ova tržišta. Od 1991. Vetropack konzekventno investira u tržište istočne Europe - regiju koja postaje sve zanimljivija internacionalnim proizvođačima pića i prehrambenih proizvoda.

Vetropack grupa zapošljava 3200 radnika, 16 staklarskih peći u 7 staklana ima dnevni kapacitet proizvodnje od preko 400 tona ambalažnog stakla. Sve tvornice certificirane su po standardu kvalitete ISO 9001:2000. Slike 27 i 28 prikazuju omjer prihoda prema nacionalnim tvrtkama unutar Vetropack grupe za prvu polovicu 2013. odnosno 2014. godine.



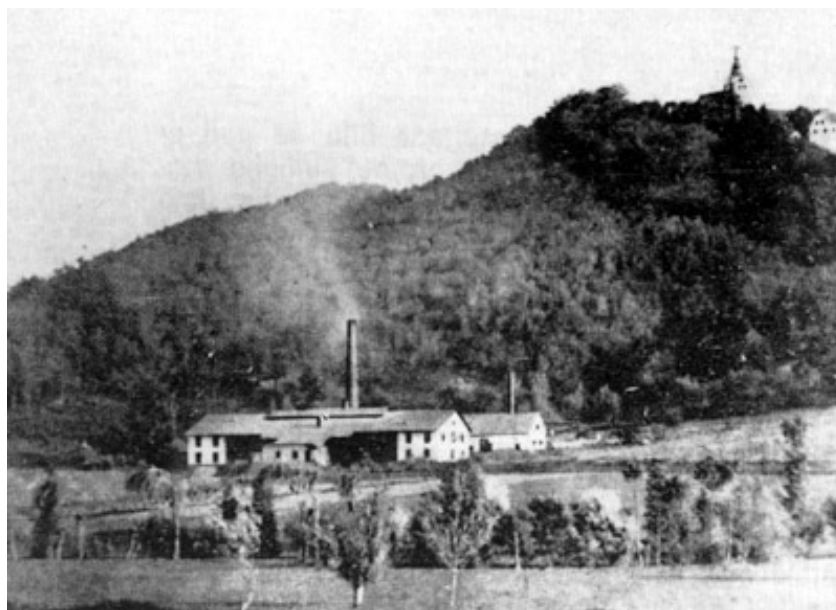
Slika 27. Omjeri prihoda unutar Vetropack grupe za prvu polovicu 2013. godinu[7]



Slika 28. Omjeri prihoda unutar Vetropack grupe za prvu polovicu 2014. godine[7]

### 3.2. Povijest i razvoj Vetropack Straže

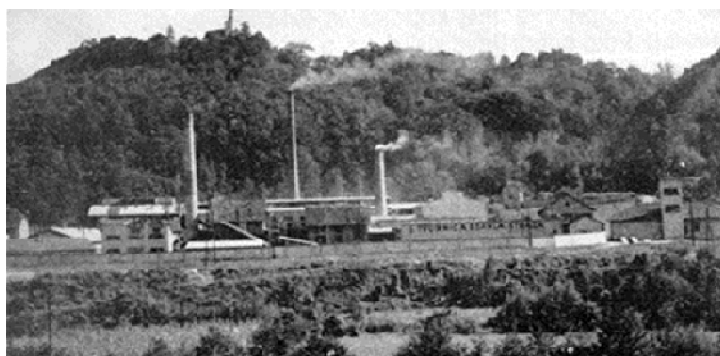
Bavarski industrijalac Michael von Poschinger je oko 1860. godine podno šumovitog brežuljka Gaberje, uz rijeku Sutlu izgradio malu staklanu. Nazvao ju je "Straža". Organizacijski, bila je to manufakturna radionica s više pogona koji su zasnovani na principu podjele proizvodnog procesa. U sastavu staklane bili su skladište sirovina, pepeljište, centralni pogon staklane s pećima, skladište gotovih proizvoda, pješčanik i ugljenokop.[3]



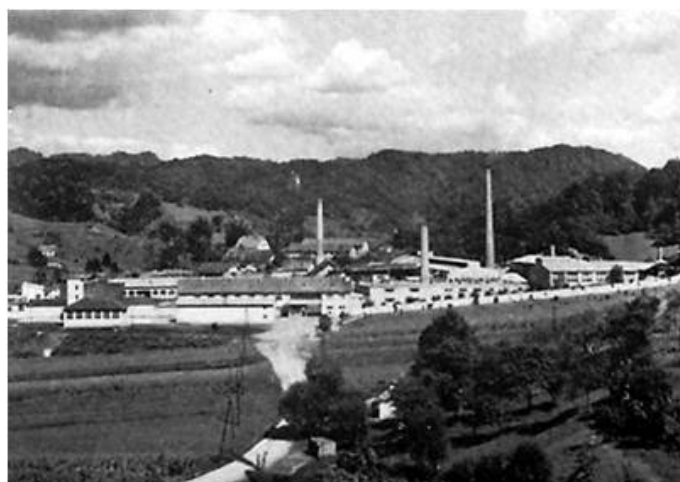
Slika 29. Straža 1860. godine[3]

Od sirovina najvažniji je kremen i pijesak koji se nalazio svuda naokolo. Gorivo za taljenje su bili isprva ugljen i drvo. Na početku je u rukovodstvu staklane bilo oko 4-5 osoba. Rukovodeća struktura i majstori su se uglavnom služili njemačkim jezikom. U proizvodnji je radilo 8 stručnih radnika staklara, koji su uz pomoć alata, zahvaljujući svojem znanju i vještini, oblikovali staklenu smjesu složenim i preciznim radnjama u gotov proizvod. Njima podređeni bili su majstori pomoćnici, a treći na ljestvici su bili stalni radnici. Većina radnika je bila pismena te su lako savladali jezične barijere. U početku su bile izgrađene dvije peći promjera 20". Taljenje stakla je trajalo 2 dana. Prvi proizvod u kategoriji šupljeg ambalažnog stakla bila je staklena boca koja se koristila za ambalažiranje pitke ljekovite mineralne vode iz izvora Rogaške Slatine. Poslije se njena primjena proširila i na boce punjene vinom, rakijom, pivom i bezalkoholnim pićima. U početku se proizvodilo 280-300 boca na dan, a potkraj 19. stoljeća 4000 boca na dan. Proizvodnja se povećala, a ljekovita mineralna voda u kvalitetnim zelenim bocama osvojila je gradska tržišta diljem tada Austro-Ugarske. Od 1880. jedna peć se ložila ugljenom, a druga plinom iz Siemensovih generatora. Plasman boca bio je vezan uglavnom za Rogašku slatinu, Austriju, a kasnije i BiH. S upoznavanjem nove tehnologije, tadašnji vlasnici su se odlučili za nove investicije te su Stražu pretvorili iz manufakturne radionice u pravu tvornicu. U Straži je potkraj 19. stoljeća radio oko 230 radnika, a proizvodilo se oko 1,5 milijuna boca i staklenki godišnje. Glineni kalupi su zamijenjeni materijalima na bazi željeza. Od 1916. do 1944. godine, Straža je poslovala dobro zahvaljujući vladajućem kadru koji je uspio osigurati nova tržišta u ratno doba. Također, Straža je dobro poslovala zbog vlastitih ugljenokopa i ostalih izvora sirovina. U tom razdoblju

u tvornicu se uvode nove peći, generatori, počinje rad u 3 smjene, počinje proizvodnja stakla u boji. Do 1941. godine, Straža je izrasla u pravu gospodarsku silu sa 540 zaposlenih i zavidnom tehnološkom opremljenošću. Kasnije je slijedio lagani zastoj u razvoju zbog napada partizanskih jedinica na Stražu. Od 1945. brigu o tvornici preuzima država. Ubrzo je ponovo započela proizvodnja staklenih proizvoda. Tvornica se obnavljala, počela je elektrifikacija, uređene su tokarska, bravarska, kovačka i elektroradionica. Otvaraju se nova tržišta, stavljaju se u pogon nove peći i proširuje se proizvodnja. Poboljšavaju se tehnološki procesi, automatizira se proizvodnja, a od 1962. godine je počela uporaba mazuta za taljenje stakla.[3]



Slika 30. Straža 1960. godine[3]



Slika 31. Straža 1970. godine[3]



Slika 32. Straža 1980. godine[3]



Slika 33. Straža 1990. godine[3]

Važna godina za Stražu je 1996. godina. Te godine tvornicu preuzima švicarski Vetropack te Straža postaje Vetropack Straža tvornica stakla d.d.. Nakon višegodišnjih gubitaka Vetropack Straža je 2000. poslovnu godinu završila s dobitkom. Od tada, svake godine ostvaruje sve bolje rezultate tako da je posljednjih godina po mnogim poslovnim pokazateljima najuspješnija članica Vetropack grupe.[3]

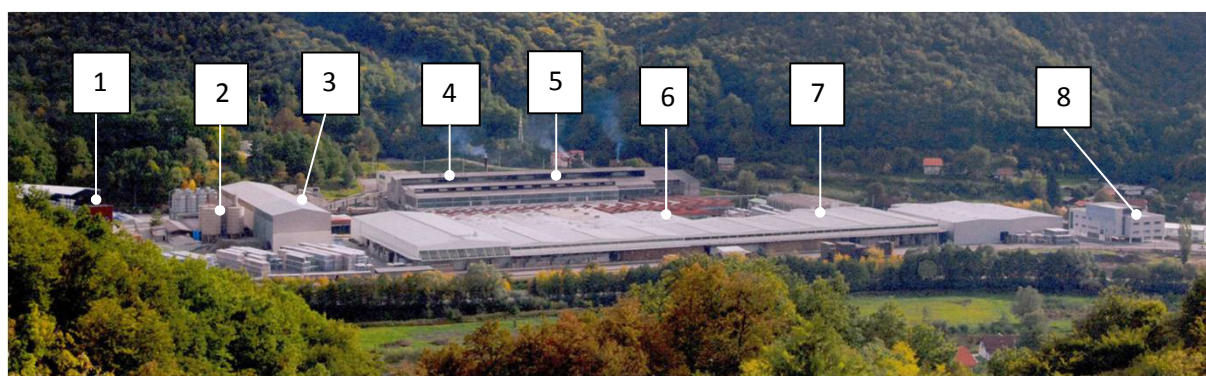




Slika 34. Vetropack Straža tvornica stakla d.d. 2005. godine[3]

Danas je Vetropack Straža moderna staklana s 3 staklarske peći i 11 proizvodnih linija. Kapacitet proizvodnje preko 285 000 tona stakla godišnje. U 2006. godini je prodano 907,2 milijuna komada boca (216 000 tona stakla).[3]

### 3.3. Građevinski objekti i proizvodne hale



1. Sortirnica krša
2. Silosi za kvarcni pijesak
3. Mješaona sirovina
4. Zgrada proizvodnje i tehnike

5. Proizvodna hala
6. Skladište
7. Kompresorska stanica
8. Upravna zgrada

### 3.4. Proizvodni program

Vetropack Straža tvornica stakla d.d. je jedna od šest najvećih europskih proizvođača staklene ambalaže koja za sebe s pravom može tvrditi da je specijalista koji nudi cjelokupni asortiman. Njihova strategija je biti tržišni lider na svim tržištima. Na sljedećoj slici je prikazano koliko je ambalaže bilo proslijeđeno na odgovarajuće tržište.[2]



Slika 36. Tržište 2006. godine[3]

Na svom gotovo stoljetnom putu Vetropack je uvijek uspješno pratio potrebe i zahtjeve svojih kupaca, stalno unapređujući proizvodnu tehnologiju i kvalitetu svojih usluga. Od lipnja 2003. u Vetropack Straži je uvedena nova tehnologija bojenja staklene mase u "feederu" kojom se mogu proizvesti i staklenke u raznim nijansama gotovo svih boja. Na tri staklarske peći proizvodi se raznovrsni asortiman, koji obuhvaća ekskluzivne oblike i standardne boce, i to u standardnim odnosno specijalnim bojama.



Asortiman:

- Vino
- Žestoka pića
- Pivo
- Segment hrane
- Bezalkoholna (gazirana) pića
- Sokovi.



Slika 37. Asortiman proizvoda[8]

Boje:

- Standardne boje

- bijela
- zelena
- smeđa

- Specijalne boje

- primeur
- vetro-zelena
- svjetlo-zelena
- olive
- cuvée

- tuborg
- feuille-morte
- plava (svjetla i tamna)



Slika 38. Standardne boje[8]



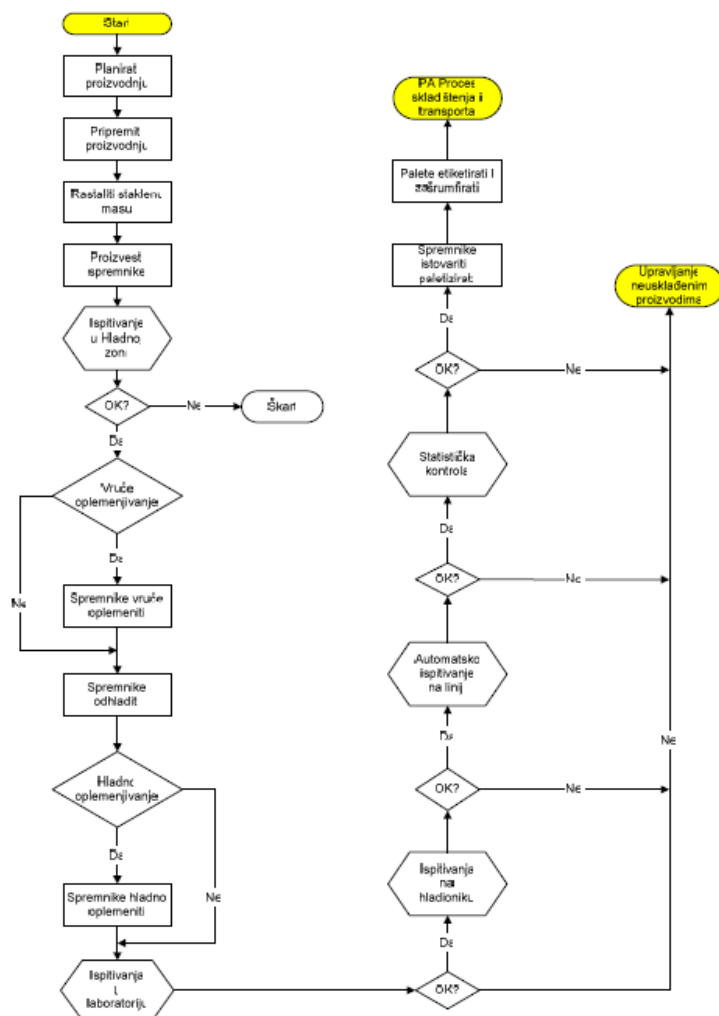
Slika 39. Specijalne boje[8]

### 3.5. Proces proizvodnje

#### 3.5.1. Planiranje proizvodnje

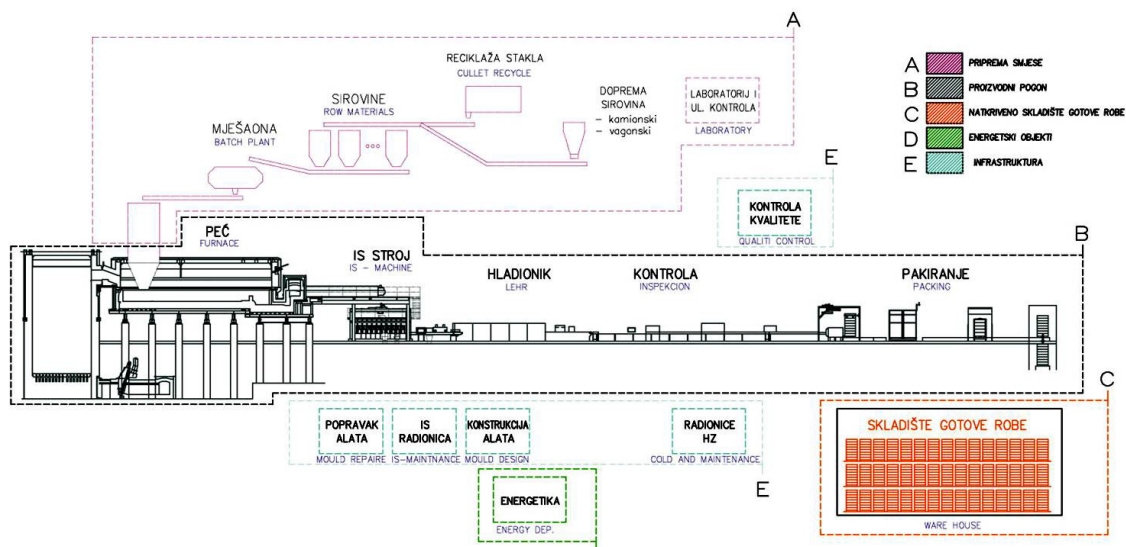
Proces proizvodnje prikazan na sljedećoj slici započinje planiranjem proizvodnje. Kod planiranja proizvodnje u obzir se uzimaju godišnji budžet prodaje i zaposjednutost linija, a kao rezultat dobiju se "rotirano" mjesečno planiranje proizvodnje, orijentacijski program proizvodnje i fiksni program proizvodnje. Planiranjem proizvodnje nastoji se postići optimalno iskorištenje kapaciteta proizvodnog postrojenja s obzirom na odrednice prodaje, proizvodnje i skladišta. Pomoću planova proizvodnje, koje treba izraditi na osnovi planiranja

proizvodnje, osigurava se potrebna radna priprema i planiranje ispitivanja za dotična područja, a u slučaju da se potrebe prodaje ne mogu pokriti iz vlastite proizvodnje treba organizirati IC- dokup ili dokup od trećih.[9]



Slika 40. Dijagram toka procesa proizvodnje[9]

Na sljedećoj slici je prikazan shematski prikaz cjelokupnog procesa proizvodnje staklene ambalaže, i to od dopreme sirovina pa do skladišta gotove robe koja je spremna za isporuku kupcima.



Slika 41. Cjelokupan proces proizvodnje staklene ambalaže[10]

### 3.5.2. Priprema proizvodnje

Nakon planiranja proizvodnje slijedi priprema proizvodnje kod koje su važni orijentacijski program i fiksni program proizvodnje dobiveni planiranjem proizvodnje. Prilikom pripreme proizvodnje izdaju se nalozi za pripremanje sirovina, pogonskih sredstava, ispitnih sredstava, alata, pakirnog materijala, uputa za ispitivanje i osoblja.

### 3.5.3. Taljenje staklene smjese

Nakon što smo izvršili planiranje i pripremu proizvodnje slijedi taljenje staklene mase. Priprema smjese za ambalažno staklo vrši se u potpuno automatiziranoj mješaoni smjese prema postavljenoj recepturi. Prema strogo definiranoj recepturi odvage osnovnih i pomoćnih sirovina, dopremaju se u miješalice smjese gdje se miješaju i vlaže. Taljenje i kvaliteta stakla uvelike ovisi o homogenosti i vlažnosti smjese. Pomoću transportnih traka smjesa se doprema do spremišnih silosa peći odakle se pomoću hranilice dozira u samu peć. Taljenje smjese provodi se u pećima pri temperaturi oko 1580°C gdje usitnjene sirovine prelaze u staklenu taljinu. Svaka peć se dijeli u tri zone: zonu taljenja, zonu bistrenja i zonu homogenizacije.



Slika 42. Taljenje staklene smjese[10]

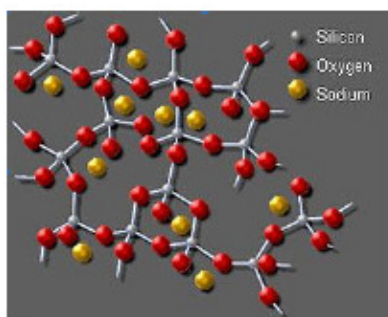
Povijest govori da je staklo otkriveno još 5000 godina prije Krista. Legende kažu da su ga otkrili Babilonci, Feničani, Egipćani, ali ništa od toga povijest nije potvrdila. Jedino je sigurno da su pronađeni različiti ukrasni predmeti i posude od stakla.

Staklo se kao proizvod iz Egipta preko Grčke proširio do Rima, a tek su Rimljani 100 godina prije Krista počeli ostakljivati prozore na zgradama.

U razdoblju od 1500. godine prije Krista do 500 godina poslije Krista tehnikom fuzije izrađeno je bezbroj posuda, ukrasa, itd. U tom je razdoblju razvijena tehnika puhanja stakla i izrade ravnog stakla valjanjem.[11]

Kod proizvodnje stakla, najveći je problem bio postići dovoljno visoku temperaturu taljenja, pa masovna proizvodnja stakla započinje tek u 19. stoljeću kada je velikom zaslugom Siemens otkriven regenerativni sustav loženja staklarske peći do 500 °C.

Staklo je u užem smislu, anorganski materijal nastao taljenjem i hlađenjem taline do čvrstog stanja, bez kristalizacije, pa je struktura stakla između strukture tekućine i čvrste tvari.



Slika 43. Struktura stakla[11]

Ambalažno staklo je natrij-kalcij-silikatno staklo. Ima tri vrste sirovina za proizvodnju stakla, a to su osnovne, pomoćne i stakleni krš. Osnovne sirovine su[10]:

- Soda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ - smanjuje točku tališta
- Kvarcni pijesak  $\text{SiO}_2$ - najvažnija sirovina, nosioc strukture, utječe na mehanička svojstva, povećava kemijsku otpornost i postojanost,
- Feldšpat- aluminijski silikat alkalijskih i zemnoalkalijskih elemenata, a koristi se za uvođenje  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2$  i  $\text{K}_2\text{O}$  u staklo,
- Kalcit  $\text{CaCO}_3$ - služi uvođenju  $\text{CaO}$ , a povećava mehaničku otpornost,
- Dolomit  $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$ - služi uvođenju  $\text{MgO}$ , vrlo je važan za automatiziranu proizvodnju,
- Aluminijski hidroksid

Pomoćne sirovine[10]:

- Sredstva za bojanje
  - portachrom (kromit)- zeleno
  - pirit (željezni sulfid  $\text{FeS}_2$ )- smeđe
  - Co-oksidi- plavo
- Sredstva za obezbojavanje
  - selen (99,9%)- 20 g/šarži (3500kg)
- Sredstva za bistrenje ( $\text{MnO}_2$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ )

Stakleni krš[10]:

- miješani, smeđi, zeleni, bijeli
- bijelo staklo- samo bijeli krš (max  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,05%).

Kako bi staklena boca imala budućnost, potrebno ju je reciklirati. Pod pojmom recikliranje podrazumijevamo materijalno iskorištenje dotrajalog proizvoda, pri čemu se on koristi kao tzv. "sekundarna sirovina" u proizvodnji materijala.[12]

Staklo je materijal koji se može u potpunosti preraditi i to bezbroj puta, stoga je potrebno prikupiti što veće količine starih staklenki i boca i vratiti ih u tvornicu stakla (Vetropack Straža) jer se time postižu brojne prednosti[13]:

- štedimo prirodne sirovine (upotrebom 1000 kg starog stakla uštedi se 700 kg pijeska, 200 kg kalcita, 200 kg sode),
- štedimo energiju (trošak energije pada za 2-3% za svakih 10% udjela starog stakla u smjesi),
- recikliranjem jedne boce uštedjet ćemo toliko energije koliko je potrebno žarulji od 60 W da svijetli 4 sata, računalu da radi 30 minuta, a televizor 20 minuta),
- korištenjem starog stakla smanjujemo potrošnju primarnih sirovina i produljujemo životni vijek staklarske peći,
- smanjujemo onečišćenje okolišta,
- štedimo prostor na odlagalištima otpada.

Stakleni krš koji se u tvornicu doprema kamionima odnosno vagonima, odmah se na ulasku svrstava u 4 kategorije kvalitete (s obzirom na količinu nečistoća). Tračnim magnetom se iz stakla otklanja magnetni otpad, a na sortirnim trakama se ručno odvaja krupni otpad. Stakleni se krš drobilicom usitnjuje na optimalnu veličinu. Kroz sita se odvajaju veliki komadi stakla i strani materijali. Posebnim se uređajima odvajaju nemagnetni otpad, kamen, porculan i keramika. Izdvajanje pojedinih boja stakla (bijela, smeđa, zelena, plava) iz miješanog krša vrši se biranjem zahtijevanog programa na separatoru Clarity plus. Nakon još jedne kontrole kvalitete, čisti se krš skladišti u boksovima za krš.

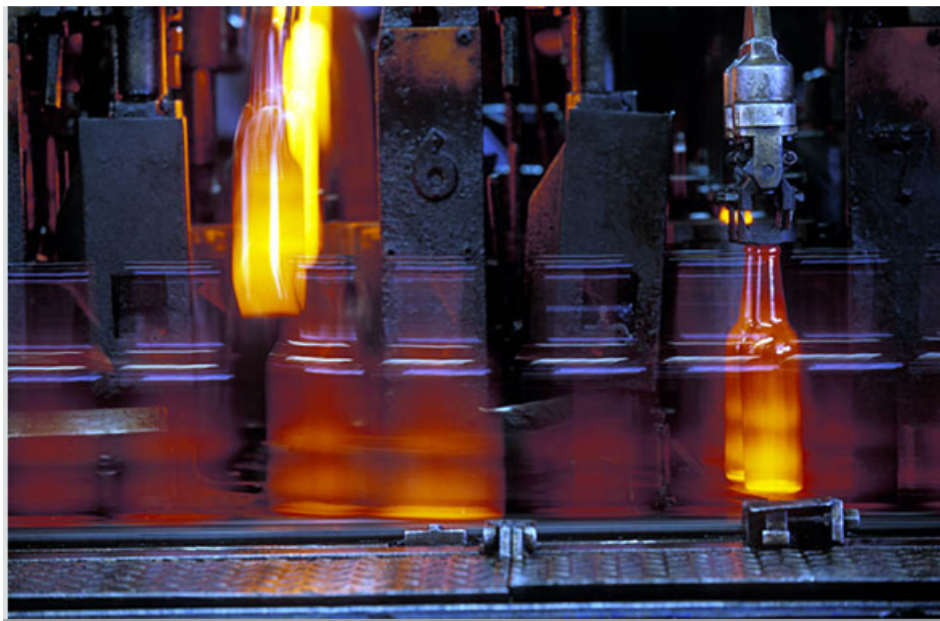


Slika 44. Stakleni krš[8]

#### ***3.5.4. Produkcija staklenih spremnika***

Nakon što smo dobili rastaljenu staklenu masu, sljedeći korak u procesu proizvodnje je proizvodnja staklenih spremnika. Iz peći se taljina preko kanala feedera isporučuje feederu. Kanal feedera se ponaša kao cjevovod kroz koji staklena taljina teče iz peći do mehanizma feedera, ujedno djeluje kao izmjenjivač topline, a ima i funkciju stvaranja homogenosti u staklu, njegovoj temperaturi i sastavu. Tako oblikovana struja stakla reže se u pojedinačne kapi pomoću škara koje djeluju u skladu s šamotnim jezgrenom mehanizma feedera i staklarskim strojem. Ove staklene kapi se preko distributora kapi i žljebova distribuiraju na određene sekcije predkalupne strane staklarskog stroja. Distributor može dostavljati jednu ili dvije kapi, ovisno o stroju (ovi s dvije kapi su moderniji, no, danas se već koriste i sa tri ili četiri kapi). Predkalupi se nalaze na IS stroju, koji može imati veći broj pozicija (6-10). Te pozicije su zapravo broj predkalupa i kalupa na stroju (npr. ako stroj ima 6 kalupa i predkalupa onda se radi o stroju sa šest pozicija). Naravno, veći broj kapi i veći broj pozicija, veći je kapacitet stroja. Funkcija predkalupa je postizanje predoblika kojom se dobiva pravilnija raspodjela u samom kalupu. Dakle, ako ne bi koristili predkalup, boce izašle iz kalupa ne bi bile pravilne i jednake i ne bi imale jednaku debljinu stijenke. U predkalupnoj strani staklarskog stroja se pomoću komprimiranog zraka ili prešanjem metalnim jezgrenom, ovisno o procesu, formira grlo boce i predoblik, koji se zatim prebacuje na kalupnu stranu staklarskog stroja u kojoj se taj isti predoblik ispuhuje u kalupu i tako poprima svoj konačan oblik.[3]





Slika 45. Boce nakon izlaza iz kalupne strane staklarskog stroja[8]

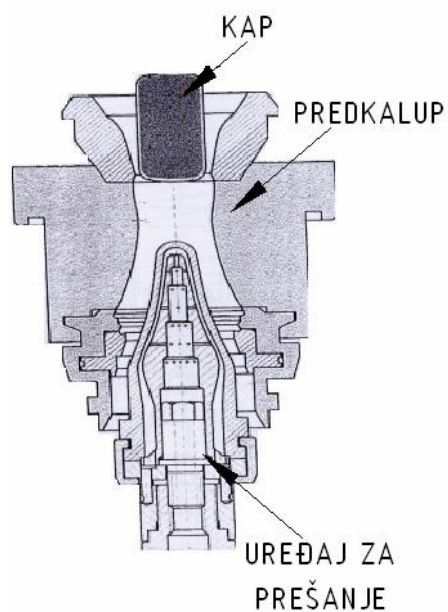
Predoblik i oblik boce može se postići na više načina ovisno o artiklu (dizajn i zahtjevi koje mora on zadovoljiti), odnosno postoji više procesa pomoću kojih u predkalupu odnosno kalupu nastaju staklenke [14]:

1. Proces prešano - puhano (PB)
2. Proces prešano - puhano usko grlo (EPB)
3. Proces puhano - puhano (BB)

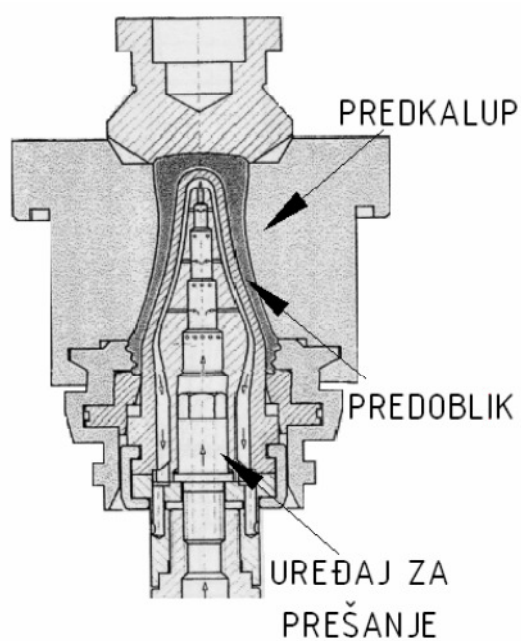
#### **Proces prešano - puhano (PB)**

Proces prešano - puhano je posebno razvijen za staklenke širokog otvora grla, tj. tegle. On omogućuje pravilniju raspodjelu stakla zbog mehaničkog oblikovanja (prešanja) predoblika. Za razliku od procesa puhano - puhano, grlo se oblikuje zadnje u procesu predkalupa. Sam proces se sastoji od dva koraka:

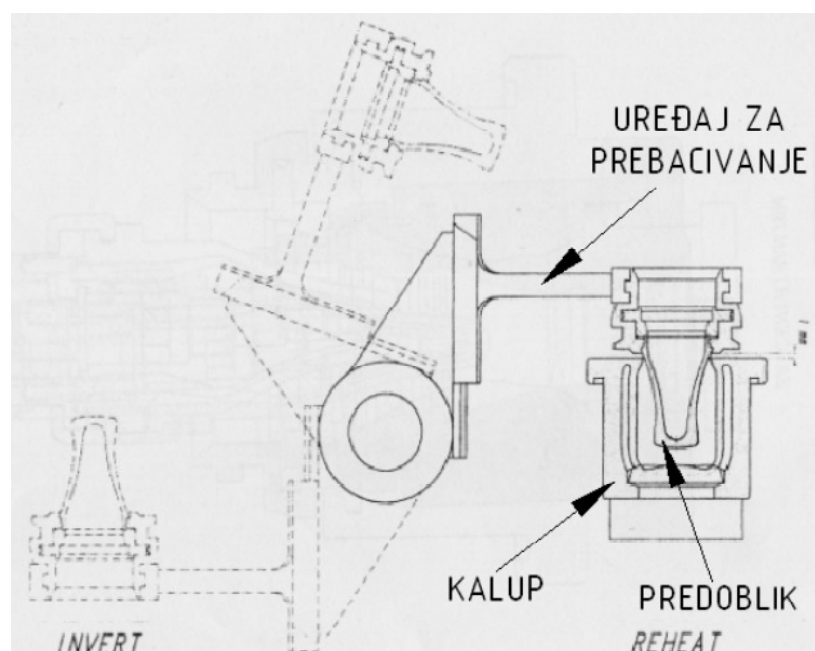
1. Oblikovanje grla i predoblika prešanjem s jezgrenom
2. Oblikovanje staklenke pomoću puhanja u kalup i vakuuma.



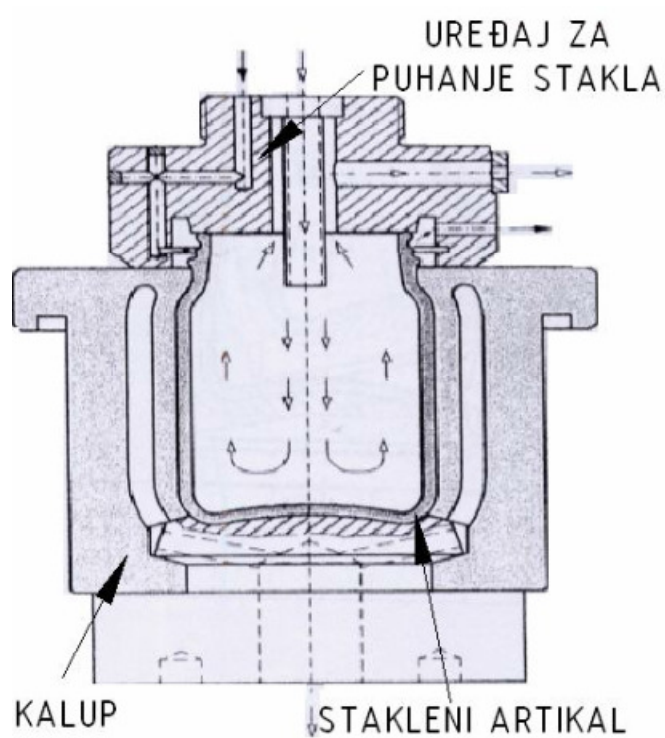
Slika 46. Kap ulazi u predkalup[14]



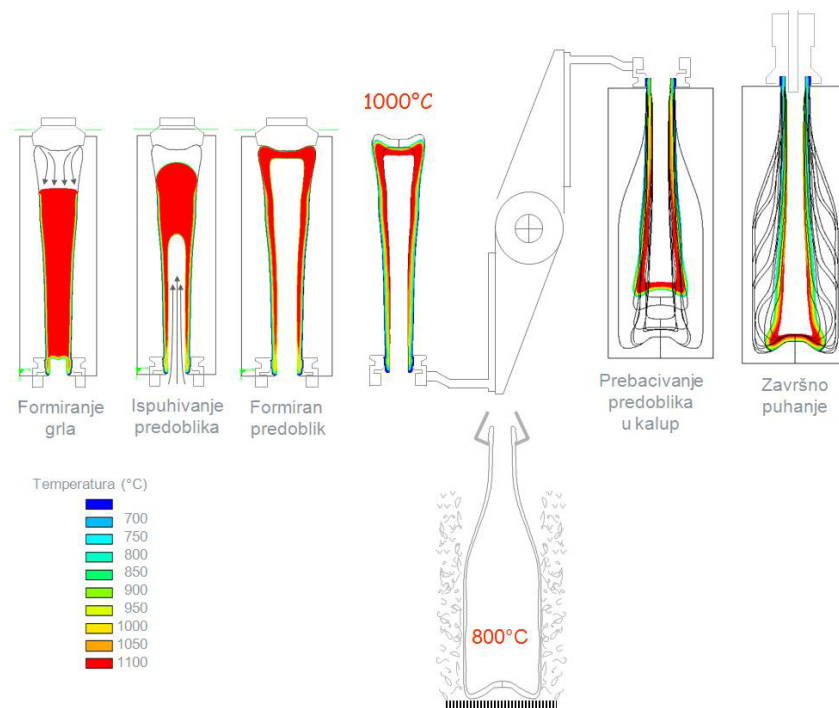
Slika 47. Prešanjem se postiže predoblik[14]



Slika 48. Prebacivanje predoblika u kalup i njegovo zagrijavanje[14]



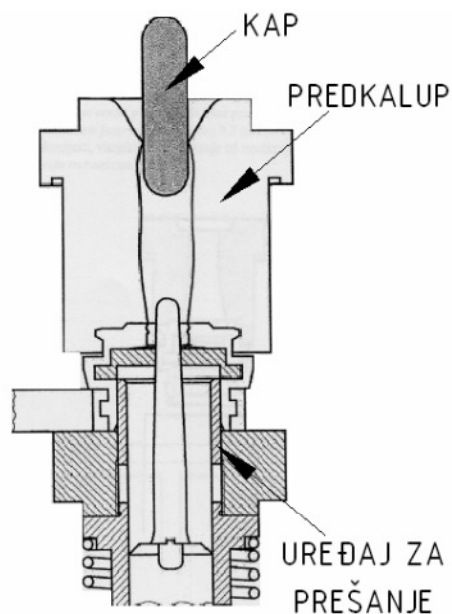
Slika 49. Puhanjem se postiže konačan oblik artikla[14]



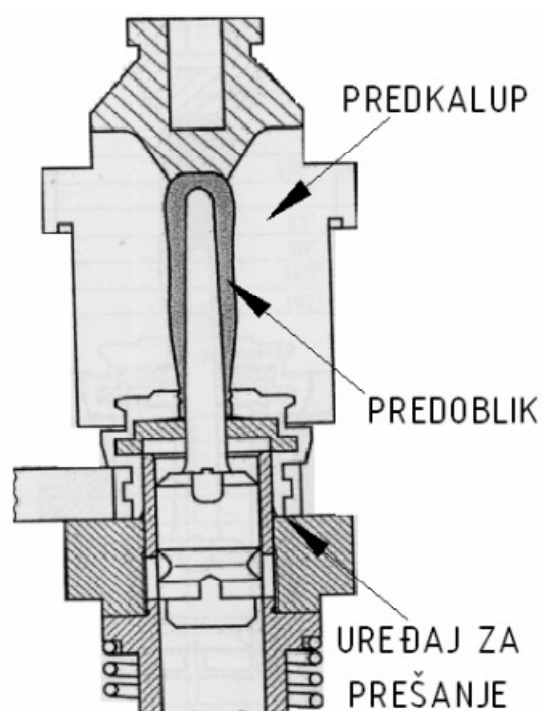
Slika 50. Raspon temperatura u procesu PB[10]

### Proces prešano - puhanog uskog grla (EPB)

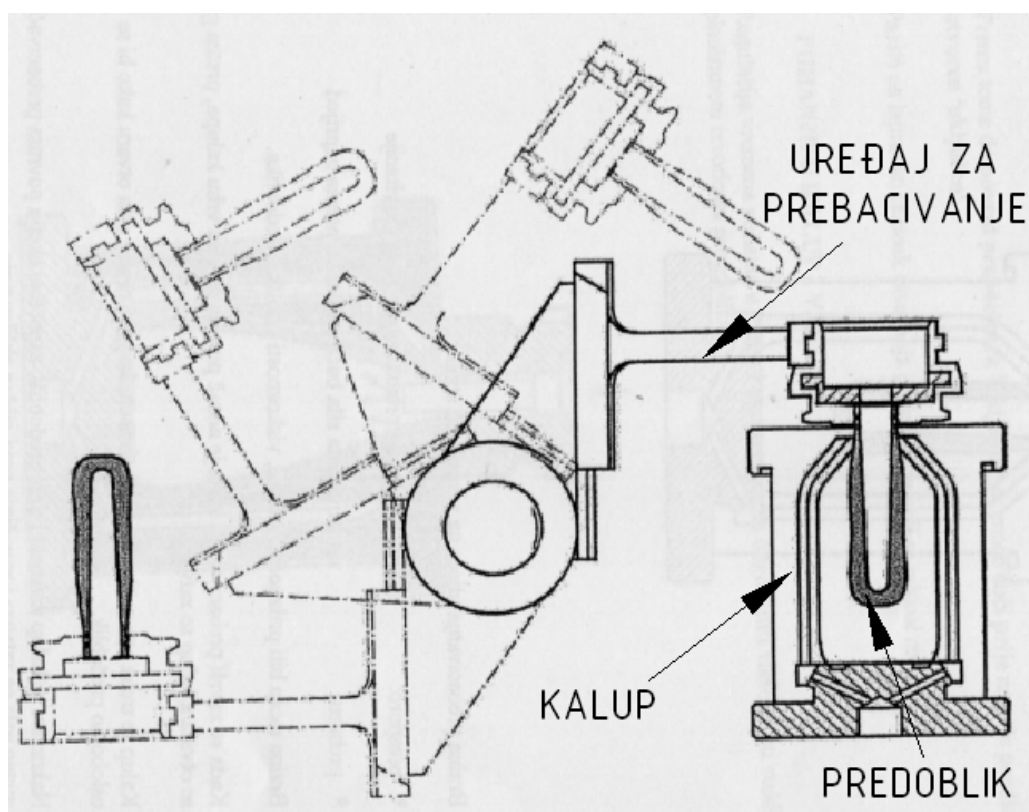
Ovaj proces koristi se kod boca sa uskim grlom. Sam postupak je isti kao i kod prešano - puhanog procesa, samo je grlo uže. Sam postupak je prikazan na sljedećim slikama.



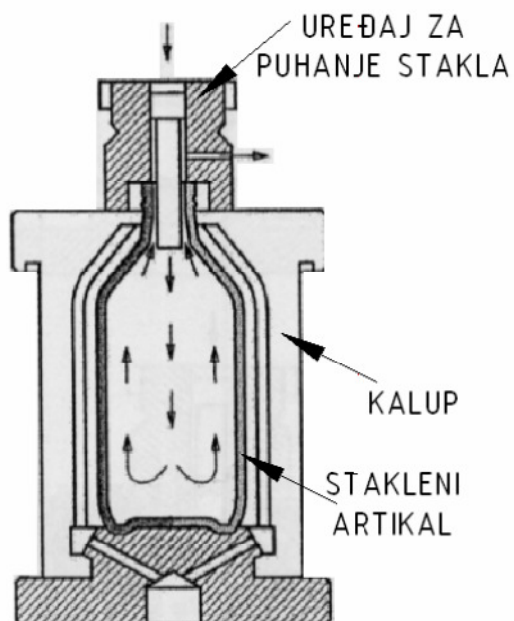
Slika 51. Kap ulazi u predkalup[14]



Slika 52. Prešanjem se postiže predoblik[14]



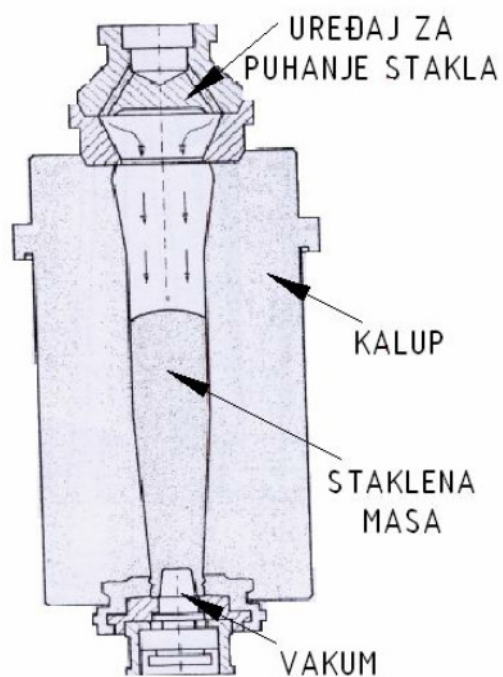
Slika 53. Prebacivanje predoblika u kalup i njegovo zagrijavanje[14]



Slika 54. Puhanjem se postiže konačan oblik artikla[14]

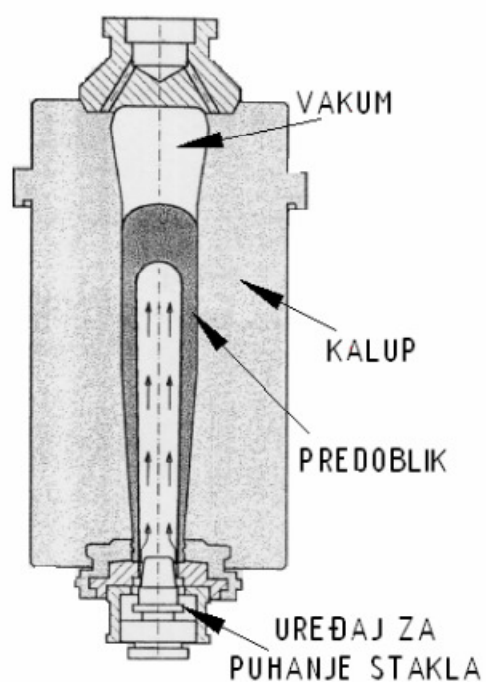
### Proces puhanje - puhanje (BB)

Ovaj proces se koristi za dobivanje standardnih boca. Sam postupak je prikazan na sljedećim slikama.

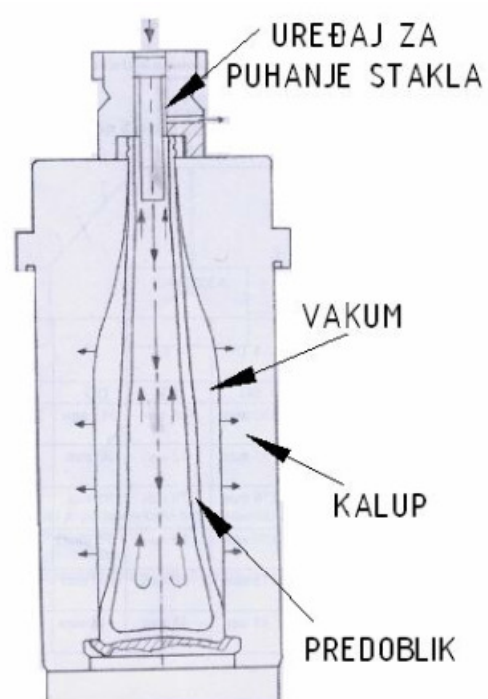


Slika 55. Oblikovanje grla[14]

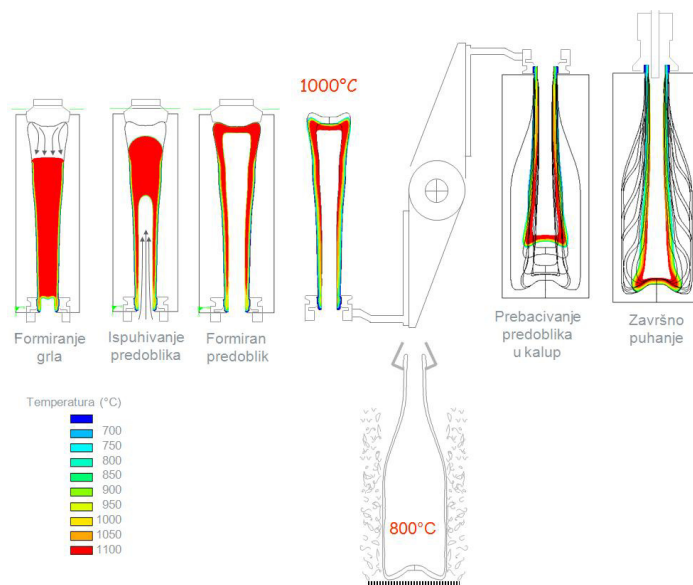




Slika 56. Oblikovanje predoblika[14]



Slika 57. Oblikovanje boca[14]



Slika 58. Raspon temperatura kod procesa BB[10]

### 3.5.5. Ispitivanje u vrućoj zoni

S kalupne strane se gotovi stakleni spremnici podvrgavaju ispitivanju. Odmah nakon izlaska iz IS stroja (dok je boca još vruća) strojostaklar slučajnim odabirom na nekoliko uzoraka ispituje u određenim vremenskim periodima razne parametre: težina boce (svakih 15 minuta), visina boce (1 kalup/1 sat), unutarnji promjer grla (1 kalup/1 sat), vanjski promjer grla (1 kalup/ 1 sat), promjer tijela (1 kalup/ 1 sat), kosina grla (1 kalup/ 1 sat), ravnina grla (1 kalup / 1 sat), ekscentričnost (1 kalup/1 sat), napukline (1 kalup/1 sat). Tolerancija je nešto veća u vrućoj zoni (zbog širenja materijala boce) nego što je to u hladnoj zoni. Ako neka boca nije u redu, ona se odbacuje te odlazi u krš.[3]



Slika 59. Ispitivanje staklenih spremnika u vrućoj zoni[3]



### 3.5.6. Vruće oplemenjivanje

Vruće oplemenjivanje se provodi u vrućoj zoni dok su stakleni spremnici još uvijek vrući, a provodi se samo za neke artikle, najčešće za povratnu ambalažu koja se koristi više puta. Dakle, radi se o nanošenju specijalne tekućine na staklene spremnike u svrhu povećanja površinske otpornosti na mehanička oštećenja.



Slika 60. Vruće oplemenjivanje[8]

### 3.5.7. Hlađenje staklenih spremnika

Vruće staklene spremnike potrebno je postupno hladiti, a to se provodi u hladioniku kako je prikazano na sljedećoj slici. Hlađenje se mora provesti na pravilan način kako nebi došlo do promjena u strukturi materijala staklenih spremnika ili do deformacija istih.



Slika 61. Hladionik[8]

### **3.5.8. Hladno oplemenjivanje staklenih spremnika**

Nakon što su se stakleni spremnici ohladili na odgovarajuću temperaturu, moguće je i hladno oplemenjivanje. Kao i vruće oplemenjivanje, hladno oplemenjivanje se također provodi u svrhu povišenja površinske otpornosti na mehanička oštećenja nanošenjem specijalne tekućine prskanjem na staklene spremnike.



Slika 62. Hladno oplemenjivanje[8]

### **3.5.9. Ispitivanje staklenih spremnika**

Oplemenjeni te djelomično ispitani stakleni spremnici ispituju se u hladioniku. Ispituje se: unutarnji promjer grla, vanjski promjer grla, promjer tijela, kosina grla, ravnina grla, ekscentričnost, izgled, napukline. Ako rezultat ispitivanja pokaže da je neki stakleni spremnik neispravan, isti se odbacuje te se mora otkriti uzrok pogreške i korigirati proces. Jedan dio boca se u laboratoriju podvrgava strogim fizikalnim i kemijskim kontrolama.

Također, stakleni se spremnici zatim ispituju automatski (bez zaustavljanja boce) na transportnoj traci kojom putuju kroz hladnu zonu prema mjestu za pakiranje. Kako boce putuju transportnom trakom, njihova se temperatura postepeno smanjuje. To smanjenje temperature rezultira dimenzijskim, a može i strukturnim promjenama. To se strogo mora držati pod kontrolom kako nebi došlo do greške, a samim time i do isporuke takve robe kupcima.



Slika 63. Automatsko ispitivanje[8]

### ***3.5.10. Paletiziranje***

Nakon obavljenih odgovarajućih kontrola, stakleni spremnici su spremni da se istovare i paletiziraju pomoću robota paletizatora. Rezultat paletiziranja je paleta na kojoj su paletizirani stakleni spremnici što nam dalje omogućava lakše rukovanje proizvodom.

### ***3.5.11. Etiketiranje i termostežanje***

Nakon što su stakleni spremnici paletizirani, palete odlaze na etiketiranje i termostežanje. Pod nazivom etiketiranje se podrazumijeva stavljanje etikete na paletu i to se obavlja ručno od strane radnika. Etiketa mora sadržavati: paletizator ovisno o liniji, količinu tiskanja, broj komada u paleti, datum početka proizvodnje, SAP broj, početni broj palete, naziv artikla, broj plana pakiranja i broj proizvodne linije.





Slika 64. Etiketiranje[3]

Termostežanje je navlačenje PE crijeva ili PE pokrivnog lista na etiketiranu paletu uz termičku obradu (termostežanje) kako bi se crijevo ili list učvrstilo za paletu, a što omogućuje bolju zaštitu palete prilikom transporta i skladištenja.



Slika 65. Termostežanje[8]

Postupkom etiketiranja i termostežanja paleta završava proces proizvodnje te se roba skladišti u odgovarajuće skladište i spremna je za isporuku kupcu.

#### **4. MATERIJALI ZA IZRADU ALATA ZA STAKLENU AMBALAŽU**

Kod odabira materijala alata za staklenu ambalažu, veliku ulogu ima sam kupac tj. staklana koja naručuje alat za proizvodnju staklenih boca. Ovisno o veličini serije koju staklana namjerava proizvesti može se birati između tri vrste materijala, a to su:

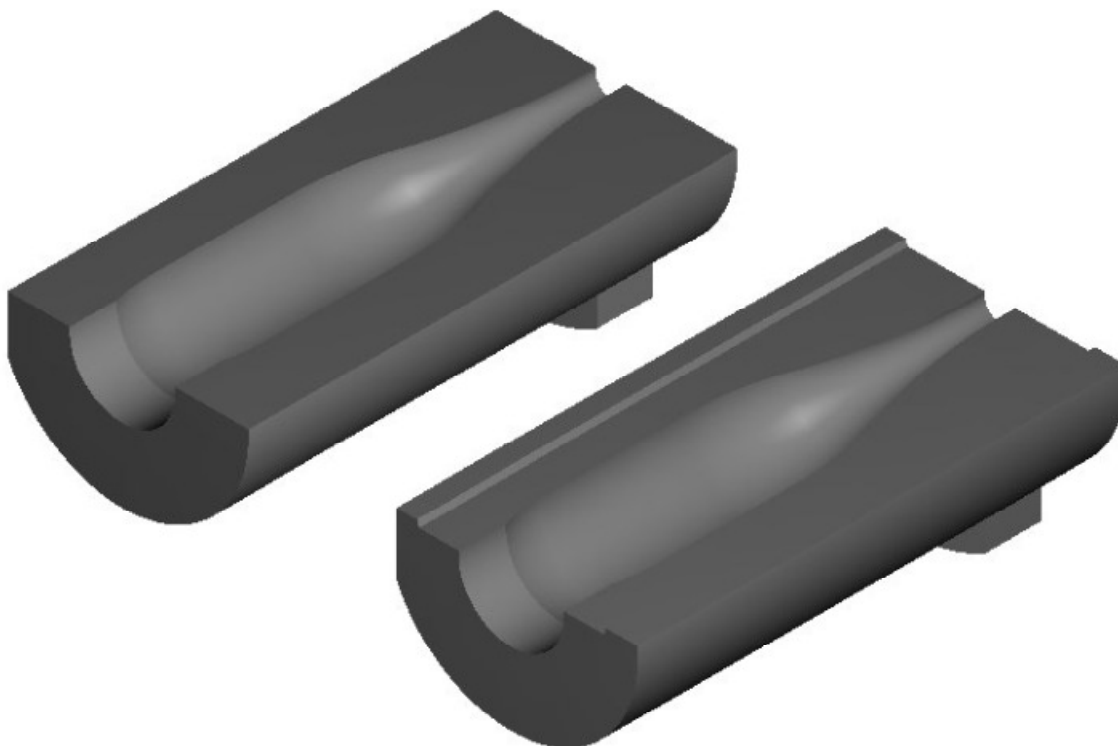
1. Sivi lijev
2. Nodularni lijev
3. Bronca

Svaki od ovih navedenih materijala je pogodan za staklarsku industriju pa su za sam izbor materijala odlučujući odgovarajući zahtjevi. Nodularni lijev i bronca su boljih mehaničkih svojstava i kao takvi mogu izdržati veću seriju napravljenih boca. Uz sama svojstva materijala, važan je kriterij i cijena materijala. Gledajući s ekonomske strane, nodularni lijev i bronca su u samom startu skuplji materijali pa se za konačan izbor materijala gleda veličina serije. U sljedećoj tablici je dat prikaz nekih materijala koji se koriste za izradu alata za staklenu ambalažu u poduzeću Omco.

Tablica 1. Kemijski sastav i mehanička svojstva nekih materijala koji se koriste u poduzeću Omco[2]

OMCO materijali								
Kemijski sastav [%]	EF 1	EF 6	EF 8	EF 30	EF 96A	OMNOD	OMPAC	OM-X
C	3,30-3,60	3,30-3,60	3,30-3,60	3,30-3,60	3,30-3,60	3,50-3,80	3,50-3,80	-
Si	2,00-2,30	2,00-2,30	2,00-2,30	2,00-2,30	2,00-2,30	2,30-2,70	2,30-2,70	0,90-1,10
Mn	0,50-0,70	0,50-0,70	0,50-0,70	0,50-0,70	0,50-0,70	0,00-0,20	0,00-0,20	0,00-0,15
Mg	-	-	-	-	-	0,04-0,06	0,01-0,02	-
Ni	0,00-0,40	0,00-0,40	0,00-0,40	0,00-0,40	0,00-0,40	0,00-0,40	0,00-0,40	15,00-16,00
Al	-	-	-	-	-	-	-	9,00-10,00
Mo	-	0,40-0,60	0,40-0,60	0,40-0,60	0,60-0,80	0,00-0,30	0,20-0,40	-
Zn	-	-	-	-	-	-	-	7,50-9,00
Pb	-	-	-	-	-	-	-	0,00-0,10
Ti	0,00-0,10	0,05-0,15	0,10-0,20	0,15-0,25	0,20-0,25	-	-	-
V	0,00-0,10	0,00-0,10	0,10-0,15	0,00-0,10	0,05-0,15	-	-	-
Fe	ostatak	ostatak	ostatak	ostatak	ostatak	ostatak	ostatak	0,80-1,10
Cu	0,00-0,40	0,00-0,40	0,00-0,40	0,00-0,40	0,00-0,40	0,00-0,10	0,00-0,10	ostatak
Cr	0,00-0,30	0,00-0,30	0,00-0,30	0,00-0,30	0,00-0,30	0,00-0,10	0,00-0,10	-
P	0,00-0,10	0,00-0,10	0,00-0,10	0,00-0,10	0,00-0,10	0,00-0,08	0,00-0,08	-
S	0,02-0,08	0,02-0,08	0,02-0,08	0,02-0,08	0,02-0,08	0,00-0,02	0,00-0,02	-
Sn	0,00-0,03	0,00-0,03	0,00-0,03	0,00-0,03	0,00-0,03	-	-	0,00-0,10
Vrsta	Sivi lijev					Nodularni lijev	Crvičasti lijev	Al- bronca
Tvrdoća po Brinelu [HB]	120-160	120-160	120-160	120-160	120-160	150-200	150-200	190-230
Vlačna čvrstoća [N/mm <sup>2</sup> ]	147	147	147	147	147	412	300	440
Tlačna čvrstoća [N/mm <sup>2</sup> ]	588	588	588	588	588	883	750	900
Toplinska vodljivost [W/mK]	42-44	42-44	42-44	42-44	42-44	36-38	38-40	68-70
Istezljivost [%]	+/- 0	+/- 0	+/- 0	+/- 0	+/- 0	12	2	1
Primjena	Dijelovi alata koji nemaju kontakt sa staklom	Većina kalupa za prešano - puhano, puhano - puhano	Višestruke šupljine, visoki i manji poprečni presjek	Kalupi za puhano - puhano	Isto kao EF 8	Kalupi za manje artikle	Kalupi za veće artikle	Kalupi za vrlo brzu proizvodnju

Prema tablici 1. možemo zaključiti da se od navedenih materijala u najvećoj mjeri koristi sivi lijev za izradu alata za staklenu ambalažu. Bronca ima bolja svojstva u odnosu na sivi lijev te se pretežno koristi za velike serije proizvoda. Iz tablice se također može vidjeti kako se u poduzeću koriste interne oznake za materijale jer se upravo lijevovi i legure proizvode u Omco Feniks u Sloveniji koja je isto tako u vlasništvu Omco grupacije. To je jedna od glavnih prednosti u odnosu na konkurenciju, jer su ta dva poduzeća međusobno udaljena svega nekoliko kilometara i brzo se i bez skladištenja dolazi do materijala. Sam kalup nastaje iz odljevaka koji nastaju postupkom lijevanja u pijesak u ljevaonici Omco Feniks.



Slika 66. 3D prikaz osnovnog odljevka kalupa[2]

Sveukupno gledano, zahtjevi koji se postavljaju na alatne materijale mogu se svrstati u tri osnovne skupine prikazane u tablici 2.

Tablica 2. Zahtjevi svojstva alatnih materijala[15]

OPĆA (primarna)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- otpornost na abrazijsko trošenje</li> <li>- otpornost na adhezijsko trošenje</li> <li>- otpornost na tribooksidaciju</li> <li>- otpornost na umor površine</li> <li>- žilavost</li> </ul>
POSEBNA (sekundarna)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- otpornost na popuštanje</li> <li>- kaljivost (zakaljivost, prokaljivost)</li> <li>- dimenzijska stabilnost u radu</li> <li>- veličina austenitnog zrna</li> <li>- dimenzijska postojanost pri kaljenju</li> </ul>
PROIZVODNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mogućnost nabave</li> <li>- cijena</li> <li>- obradljivost OOC</li> <li>- osjetljivost na razugličenje</li> </ul>

#### 4.1. Sivi lijev

Dobiva se pretaljivanjem sivog sirovog željeza i stare lomljevine čelika i lijeva u kupolci. Veći dio ugljika izdvaja se u obliku listića (lamela) grafita, a manji dio u cementitu tako da je prijelom presjeka sive boje.

Sivi lijev je Fe-legura s više od 2 %C ugljika koja kristalizira mješovito (u primarnoj i u prvom dijelu sekundarne kristalizacije stabilno, a u drugom dijelu sekundarne kristalizacije metastabilno). Kako je kod čistih Fe-C legura stabilna kristalizacija moguća samo uz vrlo sporo hlađenje, u tu svrhu se dodaje legirni element silicij koji forsira grafitizaciju tako da se postigne grafit i u slučajevima sporog ohlađivanja.[15]

##### 4.1.1. Kemijski sastav

Kemijski sastav sivog lijeva nije propisan normama i uobičajeno iznosi[16]:

2,5...4,5 %C

0,3...1,2 %Mn

1...4 %Si

0,4...1,5 %P

< 0,1 %S

Sivi lijev gore navedenog sastava nije legiran, a Si, Mn, P i S se smatraju primjesama koje dodajemo prilikom proizvodnje sivog lijeva. Primjese su neizbježan dodatak prilikom dobivanja sivog lijeva, a njihovim utjecajem dobivamo svojstva koja su nam bitna u samoj strukturi sivog lijeva. Djelovanje određenih primjesa navedeno je u tablici 3.

Tablica 3. Djelovanje primjesa na određena svojstva sivog lijeva[15]

Element	Utjecaj primjesa na svojstva sivog lijeva
Si (Silicij)	Jak grafitizator koji omogućuje stvaranje grafita iako hlađenje nije izuzetno sporo. Važan je omjer udjela Si i C.
Mn (Mangan)	Jak cementator koji je koristan jer stvara neškodljivi MnS, a ne šteta FeS.
P (Fosfor)	Grafitizator koji u višim udjelima poboljšava livljivost tj. bolje popunjavanje kalupa kod tanjih debljina stijenki odljevaka. Općenito je P štetan jer smanjuje žilavost.
S (Sumpor)	Cementator, kao štetna primjesa dolazi nužno iz koksa i sirovine. SO <sub>2</sub> stvara plinske mjehuriće, a FeS tvrde uključke.



Kemijski sastav se može izraziti preko[15]:

a) ekvivalentna ugljika  $CE = C + 1/3 * (Si + P)$  čime se ostvaruje veza s Fe-C dijagramom,

b) stupnja zasićenja  $S_z$  koji se izračunava pomoću izraza:

$$S_z = \frac{\%C}{\%C^e} = \frac{\%C}{4.26 - \frac{1}{3}(\%Si + \%P)}$$

vrijednost  $C^e$  pokazuje pomak eutektičke koncentracije ugljika u području nižih vrijednosti.

Prema vrijednostima  $S_z$  razlikuju se:

podeutektičke vrste SL:  $S_z < 1$ ,

eutektičke vrste SL:  $S_z = 1$ ,

nadeutektičke vrste SL:  $S_z > 1$ .

Stupanj zasićenja ( $S_z$ ) povezan je određenim sastavom, a govori nam o postizanju određene mikrostrukture, a time i svojstvima sivog lijeva.

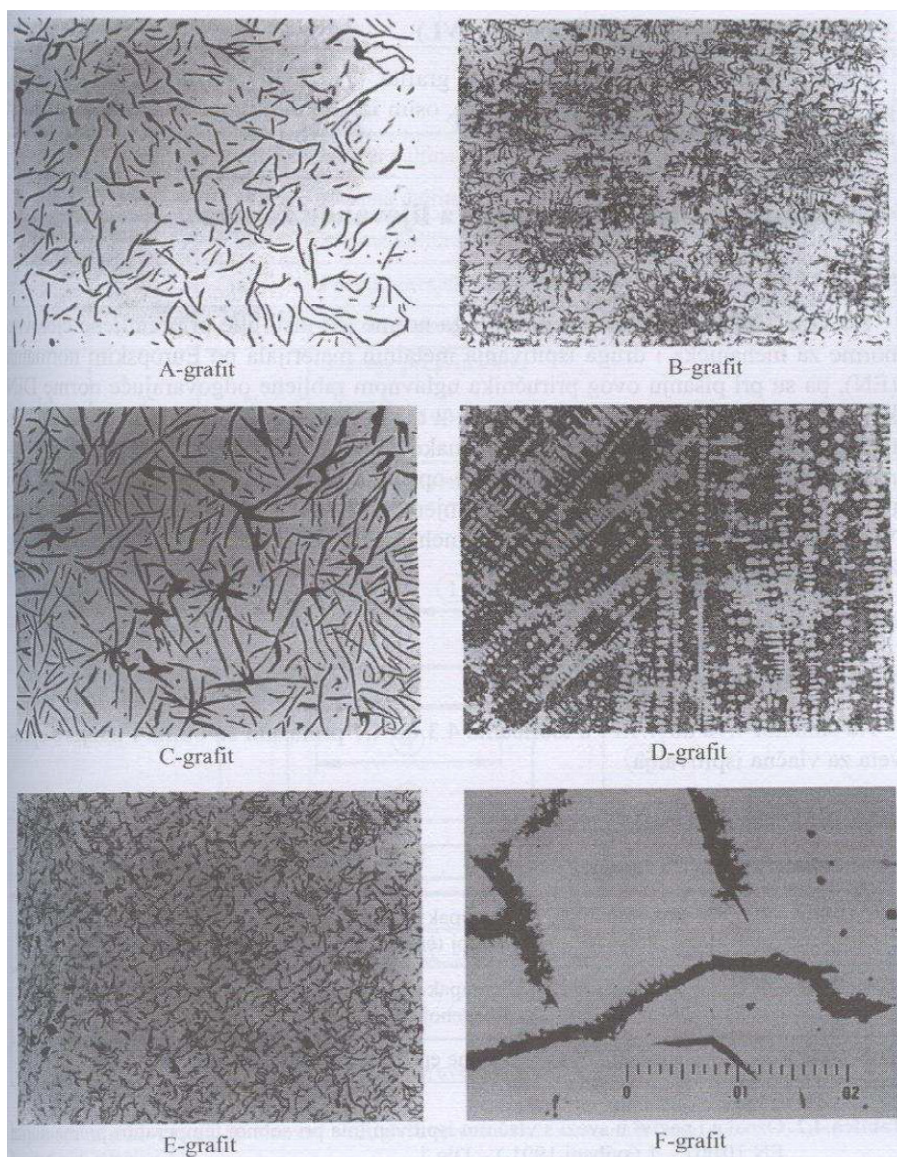
#### **4.1.2. Mikrostruktura**

Sivi lijev je mikrostrukturno divarijantan, jer kristalizira i stabilno i metastabilno. Mikrostruktura mu je dvojna i sastoji se od[15]:

a) nakupina listića grafita - primarna mikrostruktura

b) željezne osnove koja je feritna, perlitna ili feritno-perlitna, a uz to se može pojaviti i slobodni cementit.

Na slici 67 su prikazani oblici listića grafita koji se pojavljuju kod sivog lijeva.



Slika 67. Tipovi listića grafita[17]

Na prethodnoj slici su prikazani mogući tipovi listića grafita koji se pojavljuju kod sivog lijeva. A-grafit je karakterističan grafit sivog lijeva. Taj grafit je jednolično raspoređen i nasumice orijentiran, a nastaje tijekom eutektičkog skrućivanja i najpoželjniji je oblik grafita kod sivog lijeva. Ako je nukleacija eutektika nedovoljna može nastati B-grafit koji ima oblik gnijezda (rozete). C-grafit nastaje nadeutektičkim skrućivanjem. U tom slučaju grafit nastaje već u talini neovisno o nastajanju austenita. Taj grafit u nastavku skrućivanja može biti zahvaćen talinom, a može i plutati na površini taline i na kraju ostati na površini odljevka. Njegovo nastajanje je posljedica velike količine ugljika u talini. Taj grafit naziva se još i pjenasti grafit. Dvije vrste grafita D i E, nastaju kada u sivom lijevu ima previše silicija pa ne može nastati eutektički karbid, već lijev s perlitnom strukturom. Ta struktura je uobičajena prilikom lijevanja sivog lijeva u kokile.[17]

Na slici 68 je prikazana mikrostruktura perlitno-feritnog sivog lijeva.



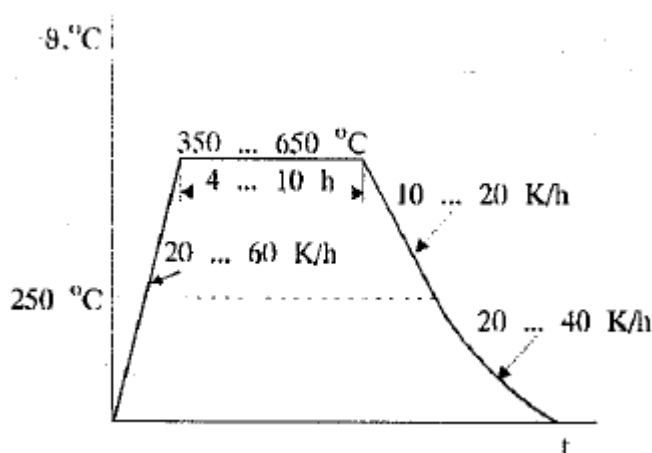
Slika 68. Mikrostruktura perlitno-feritnog sivog lijeva, povećanje 250:1[18]

#### 4.1.3. Toplinska obrada

Što se tiče toplinske obrade sivog lijeva, oko 95% svih odljevaka ispunjava tražene zahtjeve u lijevanom stanju. Manji dio odljevaka, oko 5%, potrebno je toplinski obraditi zbog smanjenja unutarnjih naprezanja ili poboljšanja strojne obradivosti. U tablici 4 su dani osnovni postupci toplinske obrade kojim se podvrgava sivi lijev.[17]

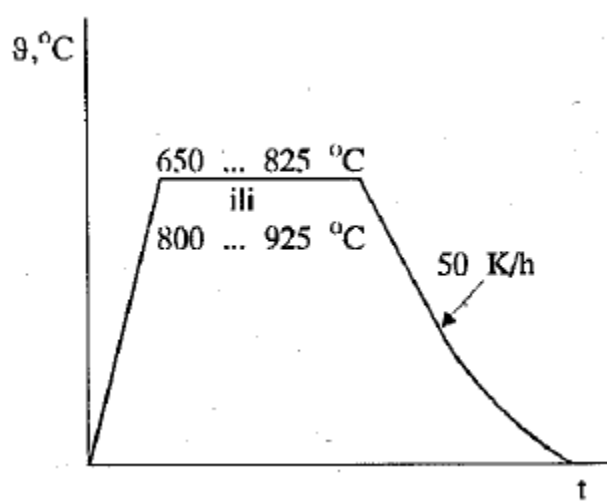
Tablica 4. Osnovni postupci toplinske obrade [19]

Postupak	Parametri
Žarenje za smanjenje zaostalih naprezanja	350...650 °C
Sferoidizacijsko žarenje (meko žarenje)	650...825 °C
Normalizacija	800...950 °C
Poboljšavanje	800...900 °C/ulje/popuštanje pri 200...600 °C



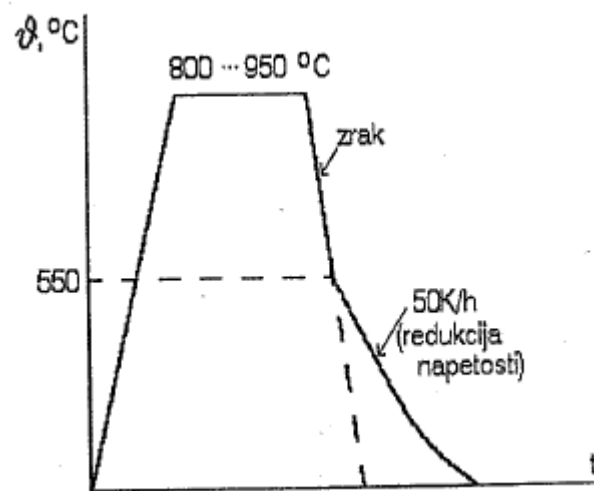
Slika 69. Dijagram postupka žarenja za smanjenje zaostalih naprezanja[20]

Slika 69 pokazuje dijagram postupka žarenja za smanjenje zaostalih naprezanja. Žarenje za smanjenje zaostalih naprezanja uglavnom se provodi kod odljevaka složene konstrukcije i kod odljevaka sa znatnim razlikama u debljini stijenki. Žarenje za smanjenje zaostalih naprezanja izvodi se kod sivog lijeva pri temperaturama od 350 do 650 °C u svrhu razgradnje zaostalih naprezanja odnosno napetosti, nastalih bilo tijekom deformiranja ili pri obradbi odvajanjem čestica ili pri prebrzom ohlađivanju nakon žarenja. Kod ove vrste žarenja ne dolazi do bitnijih promjena mehaničkih svojstava niti mikrostrukturnih promjena. Zaostala naprezanja mogu prouzročiti štetne posljedice za izradak što naravno nije poželjno pa se mora reducirati što više zaostalih naprezanja.[21]



Slika 70. Opći dijagram postupka žarenja za poboljšanje obradljivosti sivoga lijeva[20]

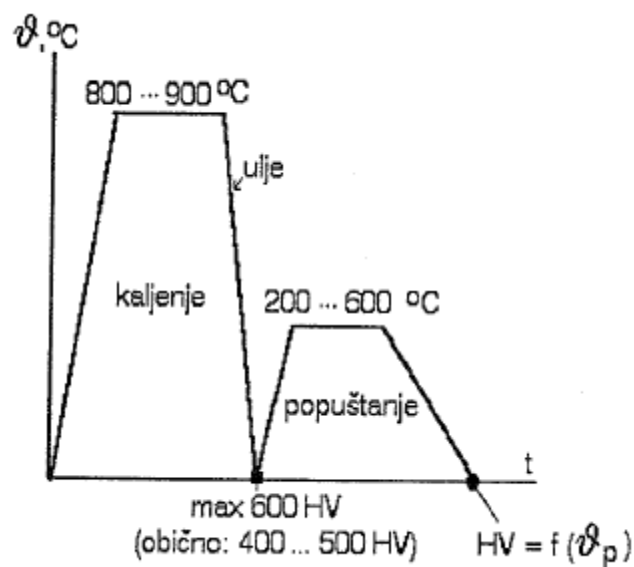
Na slici 70 je prikazan postupak sferoidizacijskog žarenja. Sferoidizacijsko ili meko žarenje je postupak pretvaranja lamelarne mikrostrukture u kuglasti oblik. Time se snizuje tvrdoća odljevka i poboljšavaju svojstva obradljivosti (deformabilnost, obradljivost odvajanjem čestica). Sferoidizacijsko žarenje se provodi u slučajevima kada je potrebno odljevak dodatno strojno obraditi.[21]



Slika 71. Dijagram postupka normaliziranja sivog lijeva[22]

Na prethodnoj slici je prikazan postupak normalizacije sivog lijeva. Normaliziranje odljevaka od sivog lijeva izvodi se samo za vrste ljevova viših čvrstoća. Kod odljevaka nižih čvrstoća došlo bi naime do previše intenzivne feritizacije.[22]

Na slici 72. je prikazan dijagram postupka poboljšavanja sivog lijeva.



Slika 72. Opći dijagram postupka kaljenja (poboljšavanja) sivog lijeva[22]

#### 4.1.4. Svojstva sivog lijeva

Tehnološka svojstva[15]:

- mogu se lijevati odljevci svih masivnosti
- proizvodnja je jednostavna,
- vrlo je dobra livljivost- linearno skupljanje iznosi oko 1 %,
- nisko talište s obzirom na približno eutektički sastav i uzak interval skrućivanja pa je manja opasnost od stvaranja odmetka,
- dobra je rezljivost (obradljivost odvajanjem čestica),
- slaba je zavarljivost radi niske istezljivosti i visokog % C.

Mehanička svojstva[15]:

- relativno niska vlačna čvrstoća,
- visoka tlačna čvrstoća- oko 3 do 4 puta veća od  $R_m$ ,
- vrlo niska istezljivost  $A < 1$  %,
- slaba žilavost,
- promjenjiv modul elastičnosti  $E = 60\,000 \dots 155\,000 \text{ N/mm}^2$ . što je viša  $R_m$  to je viši  $E$ . Što je viši  $E$ , to je lijev kvalitetniji.

Ostala svojstva:[15]

- dobra ležišna (antifricijska) svojstva- grafit podmazuje i kod nestanka podmazivanja,
- vrlo dobra sposobnost prigušenja vibracija,
- bubrenje (porast obujma) pri povišenim temperaturama ( $> 400$  °C),
- otporan na atmosferilije zbog povišenog udjela Si.

#### 4.1.5. Primjena sivog lijeva

Primjena sivog lijeva je raširena za odljevke svih masivnosti kao što su[15]:

- postolja alatnih strojeva,
- kućišta motora i reduktora,
- košuljice cilindara, stapovi i prstenovi stapova,
- klizni ležaji,
- radijatorski članci,



- bubnjevi kočnica, papuče vagonских kočnica,
- kalupi za staklo,
- dijelovi poljoprivrednih strojeva.

Na sljedećim slikama su prikazani primjeri proizvoda izrađeni od sivog lijeva.



Slika 73. Postolje tokarskog stroja[17]



Slika 74. Blok brodskog motora[17]



Slika 75. Košuljice cilindara[17]



Slika 76. Dio alata za staklenu ambalažu



## 4.2. Nodularni lijev

Definicija glasi da je nodularni (žilavi) lijev lijevačka pseudobinarna legura koja se sastoji od željeza i ugljika, pri čemu se ugljik pretežnim dijelom izlučio u kuglastom obliku. Prvi se naziv odnosi na specifični kuglasti oblik u kojem se izlučio grafit dok se drugi odnosi na svojstva žilavosti. Karakterizira ga visok udio ugljika 2 do 4 %. Ako se sivi lijev s oko 1 % Si jako pregrije u rastaljenom stanju i naglo ohladi stvara se grafit kuglastog oblika. Proizvodnja nodularnog lijeva započela je nakon 1940. te neprekidno raste u svim industrijskim zemljama. Dobiva se lijevanjem u pješčane kalupe. Istraživanja su pokazala da se kuglasti grafit može postići i legiranjem i to[22]:

- podeutektičkog sivog lijeva s oko 0,5% Mg (Magnezij)

- nadeutektičkog sivog lijeva s oko 0,5% Ce (Cerij)

gdje su Mg i Ce globulatori.

Legiranjem se postižu poboljšana mehanička svojstva:

- povišena vlačna čvrstoća  $R_m$  (u odnosu na sivi lijev)

- znatno povišeno lomno istezanje (u odnosu na sivi lijev).

Globulatori se u talinu dodaju tik prije lijevanja. Ostali elementi moraju biti u što manjoj količini i to posebno tzv. antiglobulatori- elementi koji sprječavaju izlučivanje grafita u obliku kuglica, a to su: Al, As, Bi, Cd, Pb, Sb, Sn, Te, Ti, Zn.

### 4.2.1. Kemijski sastav

Nodularni lijev je visokouglični lijev na bazi željeza, kod kojega se ugljik izlučuje u obliku kuglica grafita. Približni kemijski sastav nodularnog lijeva iznosi[23]:

3,2...3,8 %C

2,4...2,8 %Si

< 0,5 %Mn

< 0,045 %P

< 0,01 %S.

Izlučivanje ugljika u obliku kuglica grafita postiže se dodavanjem malih količina magnezija, cerija ili itrija u taljevinu neposredno prije ulijevanja taljevine u kalup. Ukoliko rastaljeni metal sadrži prevelike količine sumpora ili ukoliko sadrži male količine inhibitora nodulacije ugljik se neće izlučiti u obliku kuglica, već u obliku listića, i tako neće nastati nodularni, već sivi lijev.[23]

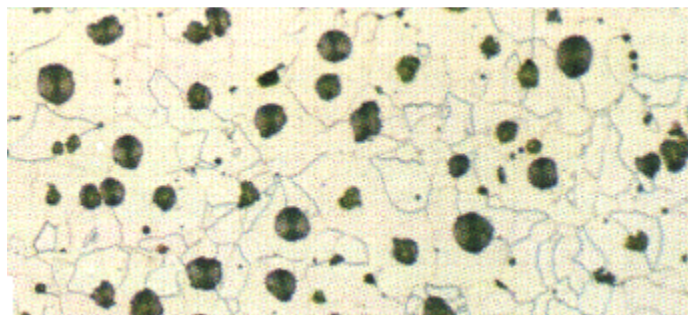
Stupanj zasićenja  $S_z > 1$  pa je lijev nadeutektičkog sastava

#### 4.2.2. Mikrostruktura

Mikrostruktura nodularnog lijeva može biti:

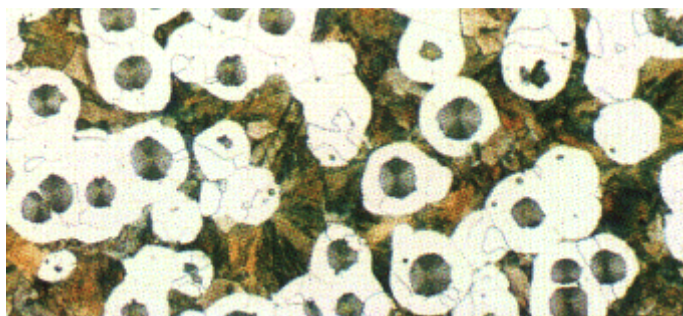
- potpuno feritna- vrste ljevova niže čvrstoće, ali više istezljivosti,
- feritno-perlitna,
- perlitna. vrste ljevova više čvrstoće, a niže istezljivosti,
- austenitna.

Na sljedećim slikama su prikazane odgovarajuće mikrostrukture nodularnog lijeva.

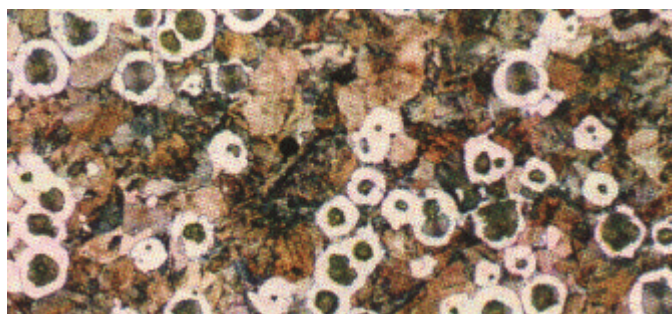


Slika 77. Mikrostruktura feritnog nodularnog lijeva, povećanje 100x, nagriženo 4% nitalom[24]

Ako nam je potrebna maksimalna moguća udarna radnja loma odnosno žilavost, ali i dopušteno zanemarenje vrijednosti granice elastičnosti i otpornosti na trošenje, teži se feritnoj matrici odljevaka od nodularnog lijeva. To se može postići ili regulacijom sastava (udjeli ugljika i silicija na gornjim granicama) ili prikladnom toplinskom obradom grafitizicijskog žarenja što se provodi češće. Ovakvi odljevci neće biti kaljivi, ali će se moći u slučaju potrebe obraditi odgovarajućom termokemijskom obradom (cementiranje, nitiranje).[20]



Slika 78. Mikrostruktura feritno-perlitnog nodularnog lijeva, povećanje 100x, nagriženo 4% nitalom[24]



Slika 79. Mikrostruktura perlitnog nodularnog lijeva, povećanje 100x, nagriženo 4% nitalom[24]

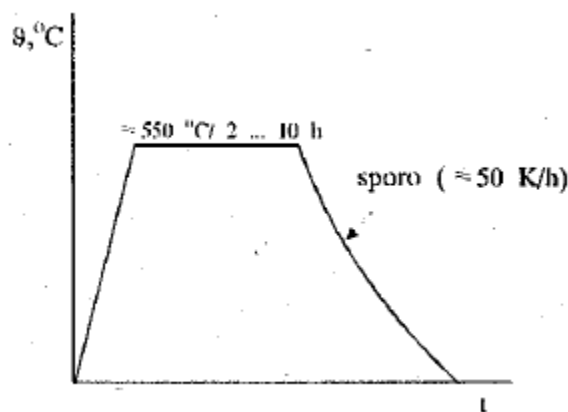
Pretežito perlitna struktura postiže se podešavanjem sadržaja ugljika i silicija. Ako se zahtijeva potpuno perlitna struktura (posebno za odljevke s vrlo debelim stijenkama), to se može postići ili legiranjem ili toplinskom obradom. Mangan je prikladan za stabilizaciju perlita pa je npr. za potpuno perlitnu strukturu potreban sadržaj oko 1,5 %Mn. No, prevelik sadržaj mangana, povećava količinu otopljenog vodika u talini, zbog čega dolazi do poroznosti.[20]

#### 4.2.3. Toplinska obrada

Osnovni postupci toplinske obrade nodularnog lijeva prikazani su u tablici 5.

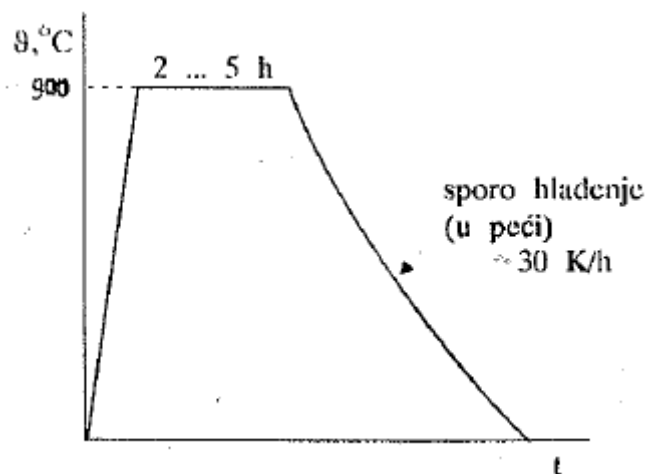
Tablica 5. Osnovni postupci toplinske obrade nodularnog lijeva[25]

Postupak	Parametri
Žarenje za redukciju zaostalih naprezanja	550 °C
Sferoidizacijsko (meko) žarenje	900 °C
Normalizacija	900...950 °C
Poboljšavanje	900 °C/ulje/ popuštanje pri 600 °C



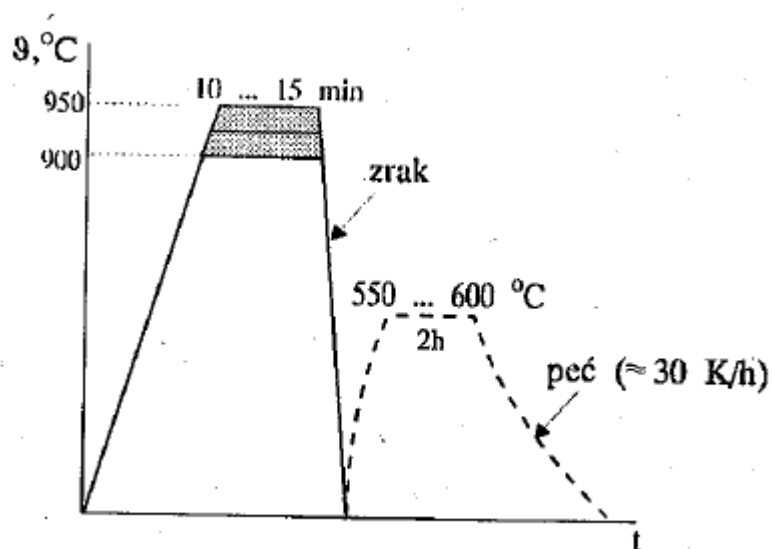
Slika 80. Dijagram postupka žarenja za redukciju zaostalih naprezanja[20]

Na slici 80 je prikazan postupak žarenja za redukciju zaostalih naprezanja. Kod ove toplinske obradbe odljevci se zagrijavaju do temperature oko  $500\text{ }^\circ\text{C}$  i drže se nekoliko sati na toj temperaturi. Nakon toga odljevci se hlade u peći. Ovim žaranjem se reducira oko 80 do 90 % naprezanja.[26]



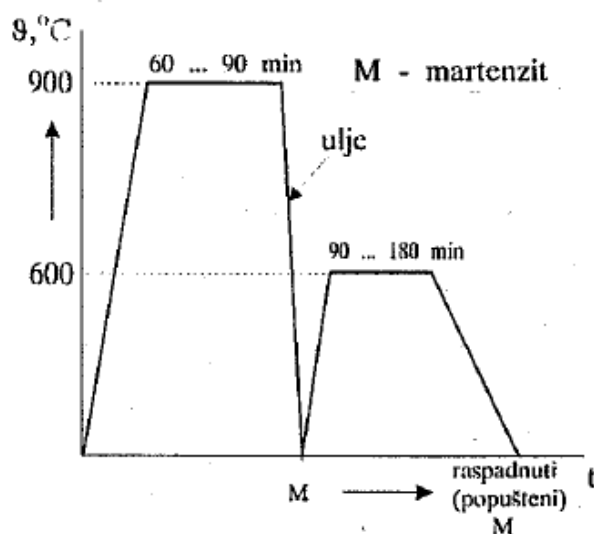
Slika 81. Dijagram postupka žarenja za poboljšanje obradljivosti nodularnog lijeva[20]

Na slici 81 je prikazan dijagram postupka žarenja kojim se poboljšava obradljivost nodularnog lijeva.



Slika 82. Dijagram postupka normalizacije odljevka od nodularnog lijeva[20]

Na slici 82 je prikazan postupak normalizacije koji se primjenjuje kod nodularnog lijeva. Ovim postupkom je moguće povećati granicu razvlačenja za oko 40 % te se također povećava otpornost na trošenje.



Slika 83. Dijagram postupka poboljšavanja odljevka od nodularnog lijeva[20]

Na slici 83 je prikazan dijagram postupka poboljšavanja odljevka od nodularnog lijeva. Ovim postupkom se postiže visoka tvrdoća, visoka otpornost na trošenje, visoka čvrstoća i konvencionalna granica razvlačenja te također povećana žilavost.[20]

Ako se zahtijeva tvrda i na trošenje otporna površina i žilava jezgra, primijenit će se površinsko kaljenje.

#### **4.2.4. Svojstva nodularnog lijeva**

- mehanička su svojstva bolja od sivog lijeva, a slabija od svojstva čeličnog lijeva (dinamička izdržljivost je visoka, posebno u poboljšanom stanju kao i vlačna čvrstoća, i to radi kuglastog oblika grafita),
- izotermičkim poboljšavanjem dobiva se povećana žilavost,
- modul elastičnosti je visok- oko  $180\,000\text{ N/mm}^2$
- sposobnost prigušenja vibracija niža nego kod sivog lijeva, a veća nego kod čelika,
- dobro se obrađuje odvajanjem čestica,
- može se zavarivati,
- otpornost na trošenje, koroziju i oksidaciju je bolja nego kod sivog lijeva,
- dobra ležišna svojstva,
- legiranjem se postižu posebna svojstva- npr. otpornost na djelovanje agresivnih medija i vatrootpornost kod austenitnih vrsta.

#### **4.2.5. Primjena nodularnog lijeva**

Radi povoljnih mehaničkih svojstava primjenjuje se kao zamjena za čelični lijev ili čelične otkovke srednje i veće masivnosti. Neki od primjera primjene su[15]:

- koljenaste i bregaste osovine motora,
- košuljice cilindara motora i kompresora,
- stapajice,
- zupčanici,
- poklopci kliznih ležaja,
- rotor pumpa
- alat za staklarsku industriju (prednost ima sivi lijev).

### 4.3. Bronca

Bronce su legure bakra bez cinka. Klasifikacija bronci se vrši prema glavnim legirnim elementima, tj. prema onima kojih ima u najvećem udjelu u leguri. Najčešći legirni elementi su kositar i aluminij. U svrhu poboljšavanja određenih mehaničkih, kemijskih i drugih svojstava, bronce mogu sadržavati mnogo različitih legirnih elemenata kao što su nikal, mangan, olovo, željezo, silicij, berilij, fosfor te cink. Određeni udjeli ovih elemenata određuju pojedina svojstva bronci. Legiranje raznim legirnim elementima mogu se dobiti bronce definirane mikrostrukture, povoljnog omjera čvrstoće i žilavosti, mogućnosti primjene u raznim temperaturnim intervalima i medijima te izrazite otpornosti prema koroziji.[27]

Neke od bronci su također imenovane prema legirnom elementu koji je dodan u leguru u svrhu poboljšanja određenih svojstava, a nije u najvećem masenom udjelu. Takve vrste bronci su najčešće na bazi bakra s kositrom ili aluminijem uz dodatak tog legirnog elementa. Neke od tih vrsti bronce su fosforne bronce, bizmut bronce i grafitne bronce.

Bronce spadaju u skupinu obojenih metala te njihova prerada i proizvodnja nije nimalo jednostavna. Nedovoljnim poznavanjem procesa prerade može doći do pojave grešaka u odljevcima i smanjenja mehaničkih svojstava. Bronce se mogu hladno i toplo oblikovati, ali se najčešće upotrebljavaju u lijevanom stanju te se vrlo dobro obrađuju svim postupcima odvajanja čestica. Također se mogu zavarivati elektrolučnim i TIG postupkom i podvrgnuti odgovarajućoj toplinskoj obradi.

Postoje različiti načini izrade bronci koji su propisani standardom. Prema načinu izrade, bronce se dijele na: lijevane u pješčane kalupe, metalne kalupe ili kokile, centrifugalno lijevane, kontinuirano lijevane, lijevane pod tlakom i lijevane u blokove.[27]

#### 4.3.1. Kemijski sastav bronci

Najpoznatije bronce su kositrena i aluminijska. Općenito, osnovna podjela bronci je[15]:

- a) legure bakra s kositrom ( $< 15 \% \text{Sn}$ ) - kositrene bronce
- b) legure bakra s aluminijem ( $< 14 \% \text{Al}$ ) - aluminijeve bronce
- c) legure bakra s kositrom i/ili olovom ( $< 10 \% \text{Sn}$  i/ili  $< 25 \% \text{Pb}$ ) - olovno-kositrene i olovne bronce
- d) legure bakra s berilijem ( $< 2 \% \text{Be}$ ) - berilijeve bronce

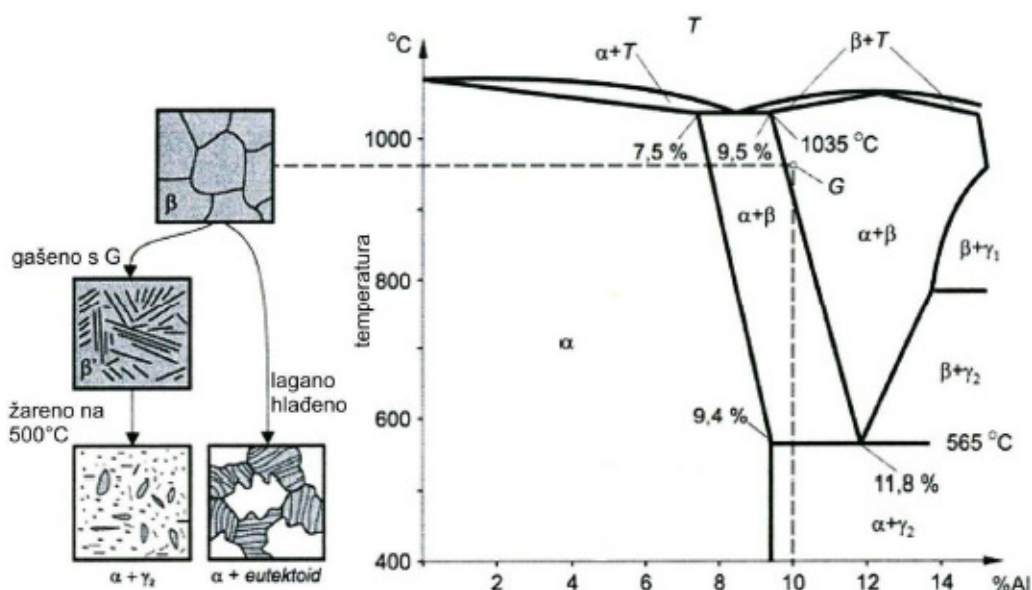
- e) legure bakra s manganom te silicijem i manganom - manganove i silicijeve bronce
- d) legure bakra s niklom ( $< 45 \%Ni$ ).

Bronce mogu sadržavati različite legirne elemente od kojih svaki ima svoja specifična svojstva i samo jedan glavni element, a to je bakar. Pojedini legirni element u određenoj vrsti bronce mogu biti dodatak ili primjesa (nečistoća). Kako se sve vrste bronci jako dobro daju reciklirati, kod prerade sekundarnih brončanih sirovina (strugotina ili otpadnih dijelova) pojava nečistoća je česta. Nečistoće unutar bronci mogu se otkloniti na nekoliko načina, a to su: dodavanjem čiste legure leguri s nečistoćom, čestim pretapanjem legure (izgor nečistoća) i kemijskim putem.

Od svih vrsta bronci, najbolja svojstva i najveću primjenu u staklarskoj industriji ima aluminijaska bronca te će u nastavku biti data osnovna svojstva koja se javljaju kod aluminijске bronce.

### Aluminijaska bronca

Aluminijске bronce oblikovljive su u hladnom i toplom stanju. Kod ove vrste bronce, zbog spore difuzije, mogu se zanemariti mikrostrukturne promjene uz industrijske uvjete hlađenja ispod  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Na slici 84 je prikazan dijagram stanja Cu-Al te se iz njega vidi da do  $9,4\ \%Al$  na sobnoj temperaturi postoji  $\alpha$  čvrsta otopina dobre oblikovljivosti. Za više od  $9,4\ \%Al$  javlja se  $\gamma_2$  faza koja je tvrda i krhka. To je intermetalni spoj sastava  $Cu_9Al_{14}$ . [15]



Slika 84. Dijagram stanja Cu-Al s prikazom mikrostrukturnih promjena legure s  $10\ \%Al$  [27]



Kod aluminijske bronce javljaju se problemi prilikom lijevanja. Naime, pošto je glavni legirni element aluminijske bronce aluminij, problemi nastaju sa stvaranjem aluminijskog oksida  $\text{Al}_2\text{O}_3$  na površini taljevine. Taj sloj oksida potrebno je ukloniti čišćenjem troske s taljevine prije samog postupka lijevanja. Taj sloj u tekućem stanju izrazito je mekan i teško ga je maknuti s površine taljevine, dok je troska kruta i lako se čisti. Izbjegavajući skuplje postupke neturbulentnog lijevanja na tržištu već niz godina postoje načini i proizvodi pomoću kojih se aluminijski oksid ukrućuje, tj. aluminijski oksid se pomoću tih načina pretvara u krutu trosku i lako se čisti.[27]

Glavna industrijska primjena aluminijske bronce slijedi iz navedenih značajki[15]:

- sposobnost zadržavanja čvrstoće pri povišenim temperaturama, posebno kada su prisutni određeni legirni elementi.
- velika otpornost na oksidaciju pri povišenim temperaturama
- dobra otpornost na koroziju pri uobičajenim temperaturama uporabe
- dobra otpornost na trošenje
- dopadljiva boja čini neke od ovih legura uporabivim u dekorativne svrhe, osobito kao zamjena za zlato u izradi umjetnog nakita.

#### **4.3.2. Primjena bronce**

Zbog izvrsnih mehaničkih svojstava, bronce se upotrebljavaju za izradu raznih strojnih i drugih dijelova. Na slikama 85, 86 i 87 su prikazani primjeri primjene bronci.



Slika 85. Primjeri primjene bronce[27]



Slika 86. Grlo



Slika 87. Oduzimač boca

## 5. TRIBOLOGIJA I OSNOVNI MEHANIZMI TROŠENJA

Tribologija predstavlja znanstveno-stručnu disciplinu koja se bavi problematikom površina u dodiru, njihovom relativnom gibanju te pratećim aktivnostima kao što su trenje i trošenje, i to u širem smislu.

Dakle, definicije mehanizama trenja i trošenja u fizikalnom (mehaničkom) smislu, nužno u sebi sadrže i energetske komponente. Trenje (premda neophodno za hodaње i gotovo sve oblike transporta na zemlji), kao pojava uzrokuje goleme gubitke energije. Također, trošenje, iako ključno za uhođavanje kliznih parova i obradu odvajanjem čestica, uzrokuje goleme gubitke materijala.

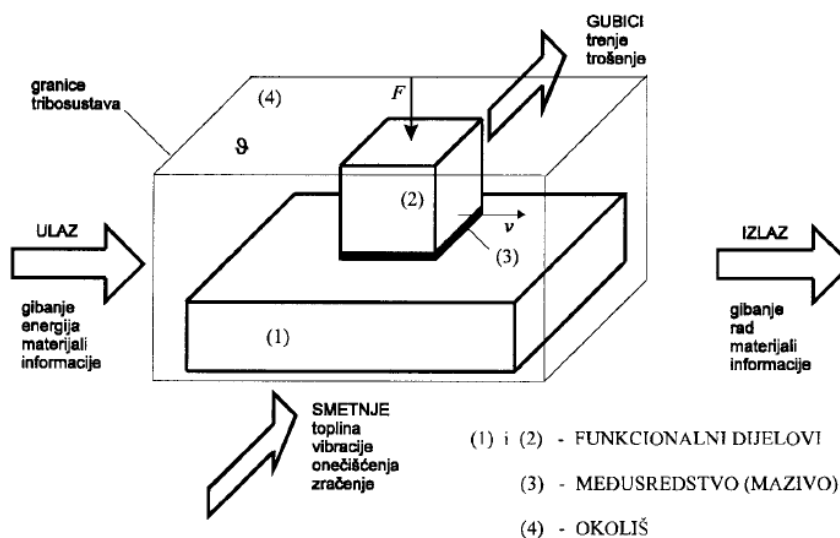
Stoga, širi smisao i zadatak tribologije jest da, uzimanjem u obzir mehanizme trenja i trošenja, pruži mogućnost uvjerljive procjene uštede na troškovima izazvanim upravo pojavom trenja, odnosno trošenja.[28]

Trošenje je postupni gubitak materijala s površine krutog tijela uslijed dinamičkog dodira s drugim krutim tijelom, fluidom i/ili česticama. Premda postoji velik broj slučajeva trošenja, većina autora suglasna je da postoje samo četiri osnovna mehanizma trošenja[29]:

- abrazija
- adhezija
- umor površine
- tribokorozija.

Mehanizmi trošenja opisuju se jediničnim događajima. Jedinični događaj je slijed zbivanja koji dovodi do odvajanja jedne čestice trošenja s trošene površine. On uvijek uključuje proces nastajanja pukotina i proces napredovanja pukotina.

Definicija trošenja materijala zasniva se na gubitku materijala, ali oštećenje i bez promjene volumena i mase, također predstavlja trošenje. U dobro dizajniranim tribološkim sustavima uklanjanje materijala trošenjem je vrlo spori proces, ali pripremljen i kontinuiran.

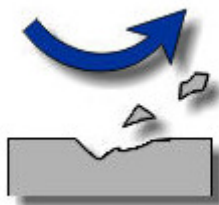


Slika 88. Tribološki sustav[30]

### 5.1. Abrazija

Abrazija je trošenje istiskivanjem materijala, uzrokovano tvrdim česticama ili tvrdim izbočinama. Može se opisati kao mikrorezanje abrazivom nedefinirane geometrije oštrice.[29]

Na slici 89 je prikazan proces abrazijskog trošenja.

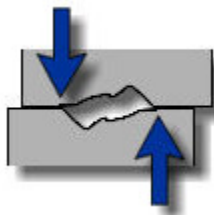


Slika 89. Abrazija[31]

Abrazivno sredstvo može biti proizvod tipa: ugljen, cement, kamen, staklo, keramika i sl.

### 5.2. Adhezija

Adhezijsko trošenje karakterizira prijelaz materijala s jedne klizne plohe na drugu pri relativnom gibanju, a zbog procesa zavarivanja krutih faza. Na slici 90. je prikazan postupak adhezijskog trošenja.



Slika 90. Adhezija[31]

### 5.3. Umor površine

Trošenje uslijed umora posljedica je periodički promjenjivih mehaničkih i toplinskih opterećenja alata. Ovaj oblik trošenja je više izražen kod prekidnih obrada, gdje uslijed prekidnog reza istovremeno dolazi do dinamičkih mehaničkih i toplinskih opterećenja. Međutim, mehanički umor može nastati i kod kontinuiranih obrada kada, uslijed većih posmaka ili male tvrdoće alatnog materijala, nastupe statička opterećenja na oštrici koja sama po sebi nisu dovoljna da bi izazvala lom alata. Djelovanje ovog oblika trošenja odražava se otkrnućem oštrice, pojavom pukotina najčešće paralelnih s oštricom ili lomom alata.[31]

### 5.4. Tribokorozija

Tribokorozija ili tribokemijsko trošenje je mehanizam trošenja pri kojem prevladavaju kemijske ili elektrokemijske reakcije materijala s okolišem.

### 5.5. Trošenje alata za staklarsku industriju

Alat za staklarsku industriju se u najvećoj mjeri troši prilikom samog popravka alata što će biti objašnjeno u sljedećem poglavlju. Dakle, prilikom same proizvodnje staklene ambalaže ne dolazi do znatnijeg trošenja alata, ali se mogu pojaviti neka oštećenja kao što su pukotine zbog kojih se alat tada mora podvrgnuti odgovarajućem postupku popravka.

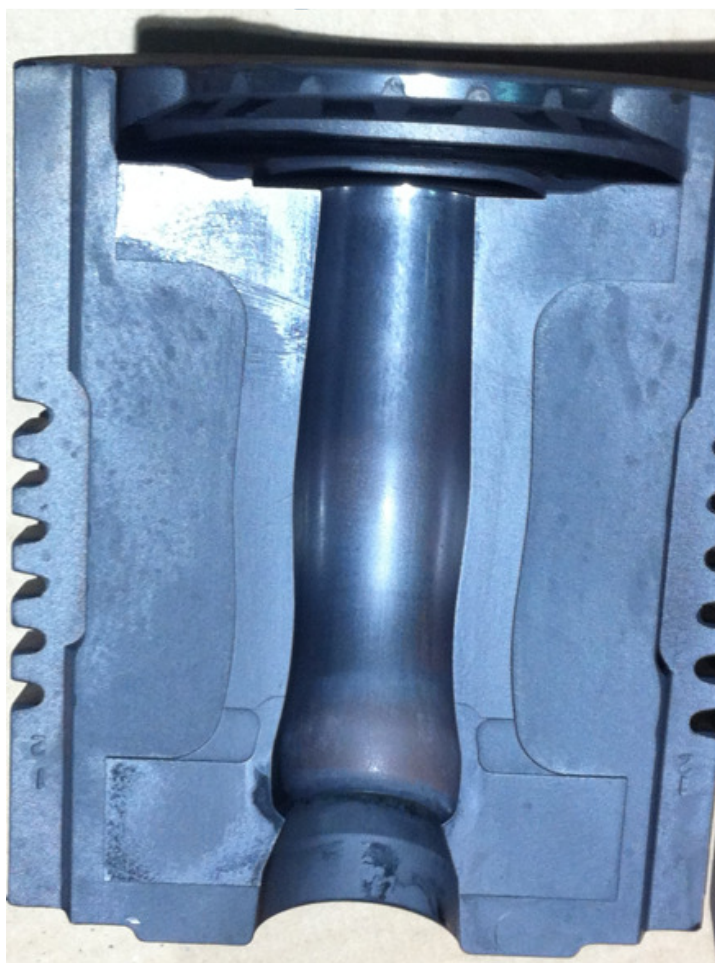
Sama narudžba cjelokupnog alata za proizvodnju staklene ambalaže ovisi je li se radi na strojevima s jednom odnosno dvije kapi što je objašnjeno u poglavlju o procesu proizvodnje staklene ambalaže. Dakle, ukoliko se radi o jednoj kapi, narudžba se sastoji od 13 kalupa te 14 predkalupa, a ako se radi o dvije kapi, narudžba se sastoji od 30 kalupa te 32 predkalupa. Dakako da sama trajnost alata ovisi o materijalu koji se primjenjuje. Tako statistika pokazuje da je alatom od sivog lijeva moguće napraviti otprilike oko 25 milijuna boca dok se kod bronce ta brojka kreće oko 35 milijuna boca. Treba napomenuti da se u slučaju jedne kapi koristi samo sivi lijev i moguće je napraviti otprilike oko 4 milijuna boca. Ovi prethodno navedeni podaci se podrazumijevaju za jednu seriju alata.

## 5.6. Popravak alata za staklarsku industriju

Popravak alata za staklarsku industriju se sastoji od nekoliko faza:

- hlađenje
- pranje
- popravak
- mjerenje volumena

Kada dođe do oštećenja alata, linija na kojoj se nalazi oštećen alat se zaustavlja i alat se uzima iz procesa proizvodnje ambalaže dok ostale linije i dalje normalno rade. Oštećenje alata se uočava prilikom kontroliranja boca jer svaki alat ima svoj broj i točno se zna na kojem je došlo do oštećenja prilikom kontrole boca. Alat se uzima iz procesa proizvodnje i mora se hladiti na sobnu temperaturu. Temperatura alata u proizvodnji je otprilike oko 400 °C. Na slici 91 je prikazan alat koji je ohlađen na sobnu temperaturu.



Slika 91. Hlađenje alata



Sljedeća faza je pranje alata koje podrazumijeva skidanje masnoća odnosno čišćenje. Vršiti se odgovarajućim česticama po nekoliko minuta. Na slici 92 je prikazan postupak čišćenja alata.



Slika 92. Postupak čišćenja alata

Sljedeća faza je sam postupak popravka alata. U ovoj fazi se sam alat najviše troši tijekom svog vijeka. Najviše se koriste lepezasti brusni koluti. Na slici 93 je prikazan primjer jednog takvog alata.



Slika 93. Lepezasti brusni kolut[32]

Zadnja faza je mjerenje volumena. Prvo se ručno mjeri vodom na sobnoj temperaturi. Prvi korak je da se sve rupe zapune uljem tako da se ispune i potom se to obriše tkaninom da se ukloni ulje iz kalupne šupljine. Zatim se ulije voda u predkalupnu odnosno kalupnu šupljinu i izmjeri se ukupna masa. Razlika između te mase i mase samog kalupa je volumen kalupne šupljine. Dva komada se ručno mjere i zatim se to još čini pomoću stroja. Ručno izmjerene vrijednosti se unose u taj stroj i on zapamti tu vrijednost te izmjeri novu vrijednost i daje razliku između njih. Dovoljno je precizno i ručno mjerenje, no, to je samo kao neka kontrola odnosno, malo je veća točnost. Taj podatak se šalje u kontrolu i zatim oni na temelju tog podatka reguliraju težinu kapi koja pada u predkalup.

Nakon što je napravljena zahtijevana serija artikla, alat se popravi i odlazi u skladište alata te je spreman za ponovnu upotrebu. Ona može biti za tjedan, mjesec, nekoliko mjeseci te se tako i onda alat uzima iz skladišta alata. Taj ciklus se zatim vrti u krug i nakon određenog broja ciklusa, odnosno, nakon određenog oštećenja, alat se više ne može koristiti.



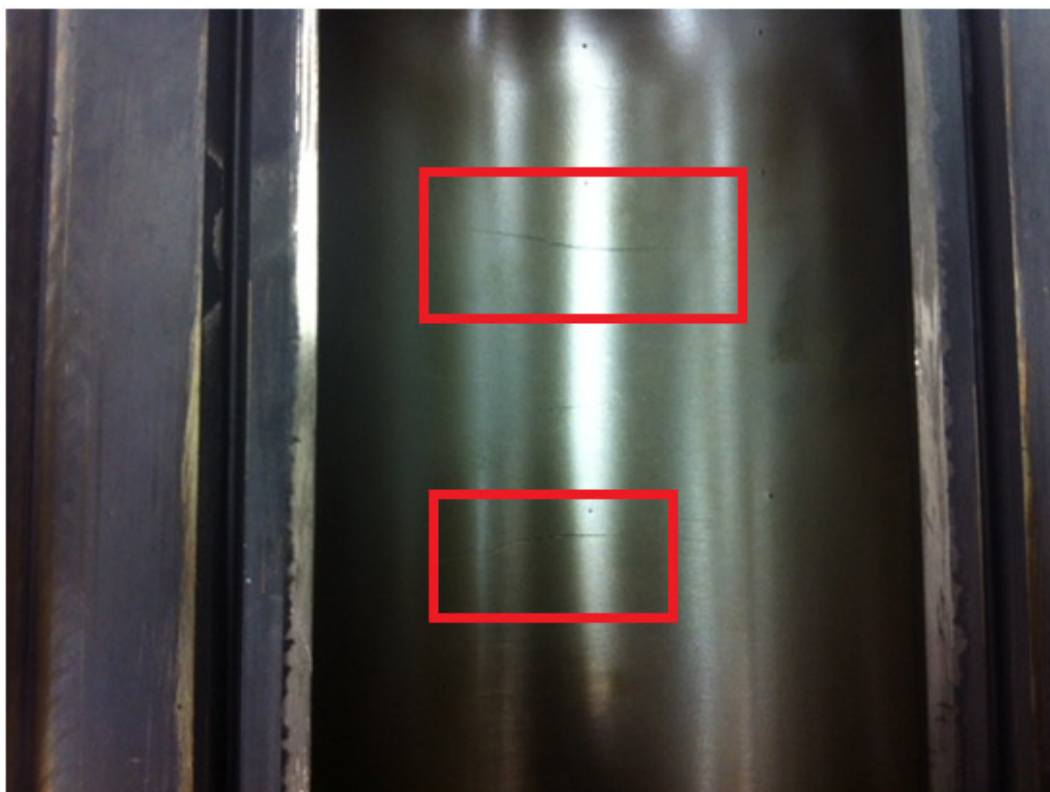
## 6. EKSPERIMENTALNI DIO

Cilj ovog dijela rada je karakterizacija materijala koji se koristi za izradu alata za staklenu ambalažu. U tu svrhu je određen sastav materijala alata, određena je kvantitativna i kvalitativna analiza strukture, izmjerena tvrdoća materijala te su pronađeni neki primjeri istrošenih alata.

### 6.1. Primjeri istrošenih alata

Na sljedećim slikama će biti prikazani dijelovi alata te mjesta na kojima se često troše alati za izradu staklene ambalaže.

Na slikama 94 i 95 je prikazan kalup od sivog lijeva za Heineken te su prikazani mjesta istrošenja kalupa. Ovim alatom, to jest, serijom alata kojoj pripada ovaj kalup je napravljeno otprilike oko 26 milijuna boca što nam govori da je više nego što nam sama statistika govori da se može napraviti te se smatra da je ovaj alat prošao svoj vijek trajanja. Na slici 95 se može vidjeti kako je došlo do stvaranja pukotina. Primarni razlog zbog kojeg je došlo do stvaranja tih pukotina su ove male rupe koje se mogu vidjeti na slici. Te rupe služe za hlađenje kalupa kada u njega dođe vruće staklo. Kako nam to mjesto predstavlja mjesto slabijeg presjeka, tu je došlo do stvaranja pukotina te se takav alat više ne može primijeniti.



Slika 94. Istrošenost kalupa za Heineken- primjer 1



Slika 95. Pukotine kod kalupa za Heineken- primjer 2

Na slikama 96 i 97 je prikazana istrošenost brončanog kalupa. Iz ove slike se može zaključiti da se ovaj alat više puta podvrgnuo popravku. Nakon određenog broja popravaka, taj alat se više ne može koristiti u proizvodnji i on se mora odvojiti u škart te se uzeti novi alat ako je to potrebno, to jest, ako je u planu proizvodnje da se i dalje proizvodi određeni proizvod. Ovom serijom alata je napravljeno otprilike oko 36,5 milijuna boca što je također više nego prosječno. Na slici 97 se također mogu vidjeti pukotine na fazoni kalupa.



Slika 96. Istrošenost brončanog kalupa- primjer 1



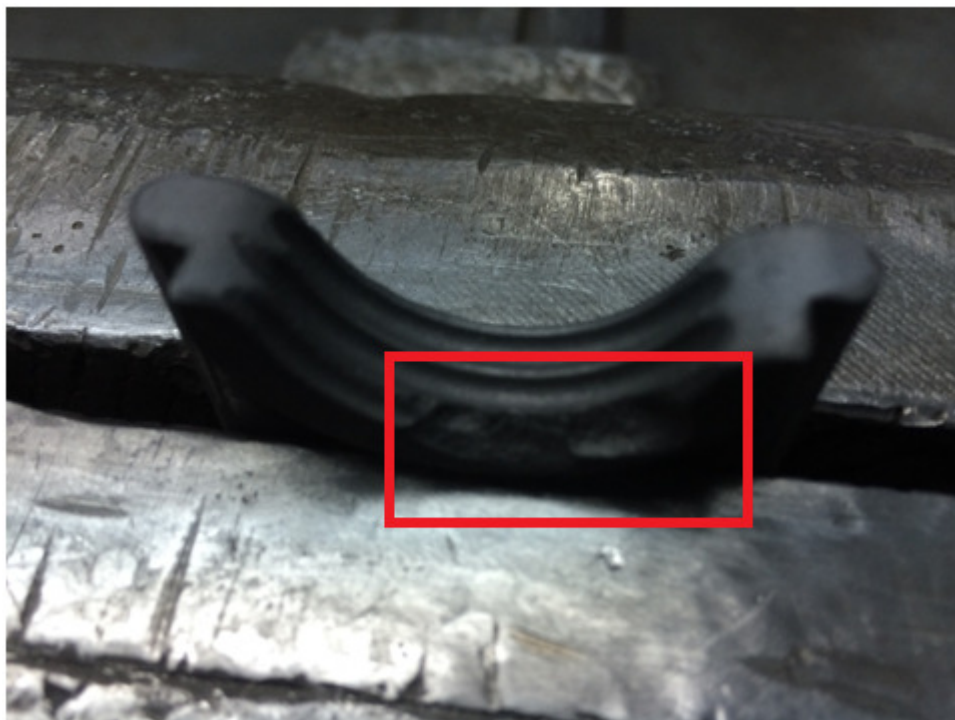
Slika 97. Pukotine kod brončanog kalupa - primjer 2

Na slici 98 je prikazan jezgrenik koji se potrošio. Na slici se može vidjeti kako na vrhu jezgrenika fali cijeli jedan dio materijala. Pretpostavlja se da je do toga došlo zbog previsoke temperature stakla.



Slika 98. Istrošenost jezgrenika

Na slici 99 se vidi istrošenost grafitnog oduzimača boca.



Slika 99. Istrošenost grafitnog oduzimača boca

Na slikama 100, 101 i 102 su prikazani brončani kalupi za Coctu te označena mjesta istrošenosti. Ovo oštećenje je vrlo nezgodno te je alat jako teško popraviti kako bi se on mogao ponovno upotrijebiti te se on smatra škartom. Ovom serijom alata je napravljeno otprilike oko 32 milijuna boca što je naravno statistički gledano ispod prosjeka.



Slika 100. Istrošenost brončanog kalupa za Coctu- primjer 1





Slika 101. Istrošenost brončanog kalupa za Coctu- primjer 2



Slika 102. Istrošenost brončanog kalupa za Coctu- primjer 3



## 6.2. Kemijska analiza materijala

Ispitivanje kemijskog sastava materijala alata provedeno je u Laboratoriju za analizu metala Fakulteta strojarstva i brodogradnje. Za to je korištena metoda optičke emisijske spektroskopije s tinjajućim izbojem (GD-OES- Glow Discharge Optical Emission Spectrometry), na uređaju Leco GDS 850A, prikazanom na slici 103.

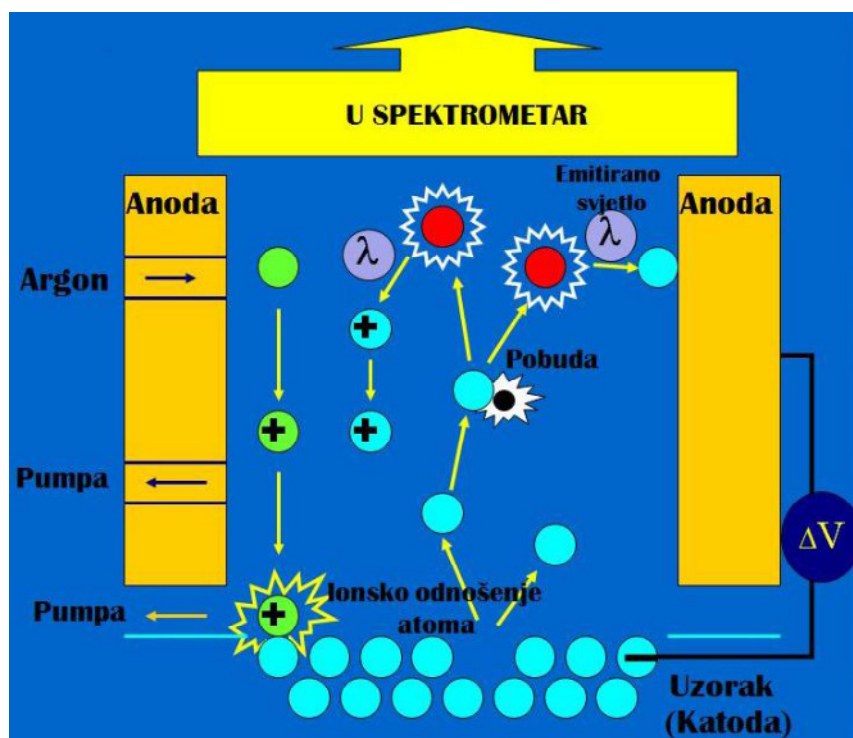


Slika 103. Optički emisijski spektrometar GDS 850A, Leco[33]

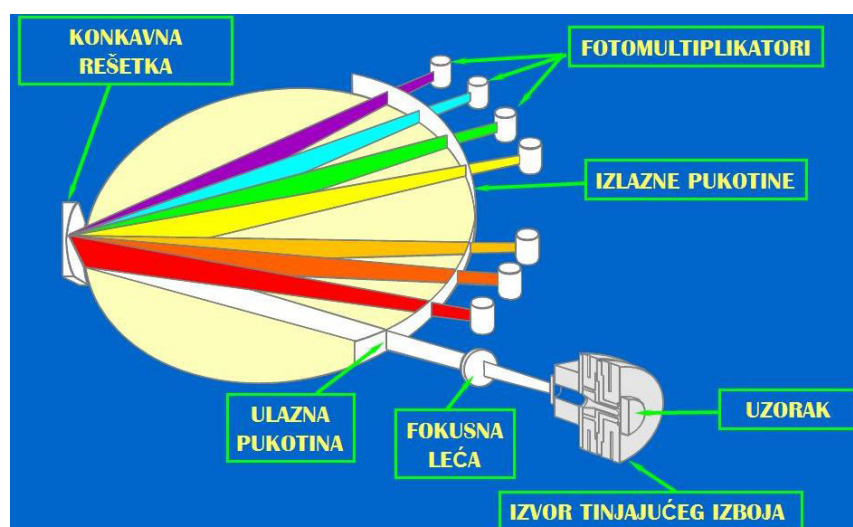
Optička emisijska spektrometrija se primjenjuje za određivanje kemijskog sastava osnovnog materijala, kemijskog sastava prevlake, debljine prevlaka, a isto tako služi i za kvantitativnu dubinsku profilnu analizu (QDP) slojeva na površini osnovnog materijala, tj. za utvrđivanje sastava sloja te rasporeda pojedinih elemenata od površine prema unutrašnjosti ispitnog uzorka.

Kako bi se napravila analiza potrebno je pobuditi atome što se postiže tinjajućim izbojem, odnosno plazmom. Plazmu čini ionizirani plemenit plin argon. Ionizirani plin skida sloj s površine ispitnog uzorka koji zatim disocira na atome te dalje slijedi pobuda tih atoma u plazmi. Elektroni u pojedinom atomu iz osnovnog stanja prelaze u pobuđeno stanje tj. na viši energijski nivo, a nakon otprilike 10 ns, elektron se vraća u početno stanje, tj. prelazi natrag na niži energijski nivo pri čemu se oslobađa energija koja se emitira u obliku svjetlosnog fotona, slika 104. Ta energija, kao i valna duljina emitiranog svjetla, specifična je za svaki atom, odnosno kemijski element. Na taj način omogućena je identifikacija atoma. Intenzitet

svjetla ukazuje na udio pojedinog kemijskog elementa u uzorku. Svjetlost nastala u navedenom procesu prolazi kroz spektrometar i koristi se za analizu. Svjetlost najprije prolazi kroz primarnu pukotinu, zatim dolazi na rešetku i reflektira se pod određenim kutom koji ovisi o valnoj duljini te zatim prolazi kroz sekundarnu pukotinu na fotomultiplikator, slika 105. Struja proizvedena u fotomultiplikatoru proporcionalna je količini emitiranog svjetla, koja je pak povezana s udjelom pojedinih elemenata.



Slika 104. Mehanizam pobude atoma uzorka kod GD-OES analize[33]



Slika 105. Shematski prikaz spektrometra u GD-OES uređaju[33]

U spektrometru može biti postavljeno mnogo fotomultiplikatora sa sekundarnom pukotinom kako bi se istovremeno moglo analizirati veći broj elemenata u uzorku. Uzorak mora biti vodljiv, kako bi se mogao koristiti kao katoda. Nevodljivi uzorci, kao što su metalni oksidi, mogu se analizirati tako da se s uzorka uzme strugotina i pomiješa s metalnim prahom, najčešće Cu ili Ag prahom.

Kako bi se mogli analizirati nepoznati uzorci, potrebna je analitička metoda koja daje korelaciju između udjela pojedinog elementa i mjerenog intenziteta. Iz tog razloga, potrebno je prije analize uređaj kalibrirati sa standardnim uzorcima čiji je kemijski sastav poznat i točno određen (u tu svrhu se koriste ili certificirani referentni materijali ili referentni materijali).[33]

U tablici 6 su dati rezultati kemijske analize ispitivanog uzorka.

Tablica 6. Rezultati kemijske analize ispitivanog uzorka

Oznaka materijala	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe
[%]	3,25	2,37	0,52	0,21	0,05	0,07	0,05	<0,01	0,15	Ostatak

Iz kvantitativne analize utvrđena je vrsta materijala o kojoj se radi. Prema danom kemijskom sastavu možemo zaključiti da se radi o sivom lijevu. Sivi lijev je Fe-legura s > 2% ugljika. Iz tablice vidimo da najviše ima silicija od primjesa. On je jak grafitizator koji omogućuje stvaranje grafita iako hlađenje nije izuzetno sporo.

### 6.3. Metalografska analiza

Osnovni uvjet za uspješnu analizu strukture materijala i ispravne rezultate je da analizirani uzorak bude reprezentativan i dobro pripremljen. Postupak analize materijala je podijeljen u 6 skupina:

- a) izdvajanje uzorka
- b) zalijevanje uzorka u masu
- c) brušenje
- d) poliranje
- e) nagrizzanje
- f) fotografiranje

Na slici 106 je prikazan dio alata iz kojeg je izrezan uzorak.



Slika 106. Alat iz kojeg je izrezan uzorak

Brušenje je postupak s kojim odnosimo najviše materijala s uzorka. Koristimo ga kako bi uklonili sloj prljavštine i druge nepoželjne pojave na promatranoj površini uzorka.



Slika 107. Uređaj za brušenje uzorka

Poliranje je fina obrada kojom se postiže sjajna glatka površina. Abrazivna zrna se dodaju u obliku paste ili spreja.



Slika 108. Uređaj za poliranje

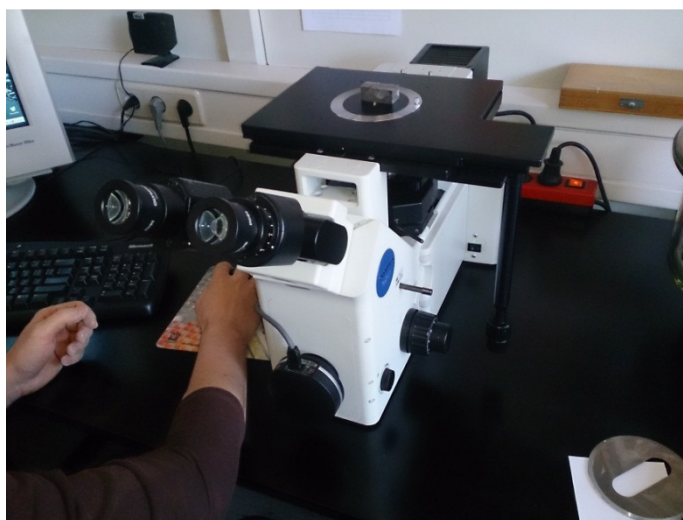
Nagrizanje je postupak pripreme ispitne površine s ciljem dobivanja uvida u mikrostrukturu površine uzorka. Nagrizanje uzorka je provedeno u 3 % Nitalu, u trajanju od nekoliko sekundi te isprano destiliranom vodom. Nakon toga uzorke promatramo svjetlosnim mikroskopom.





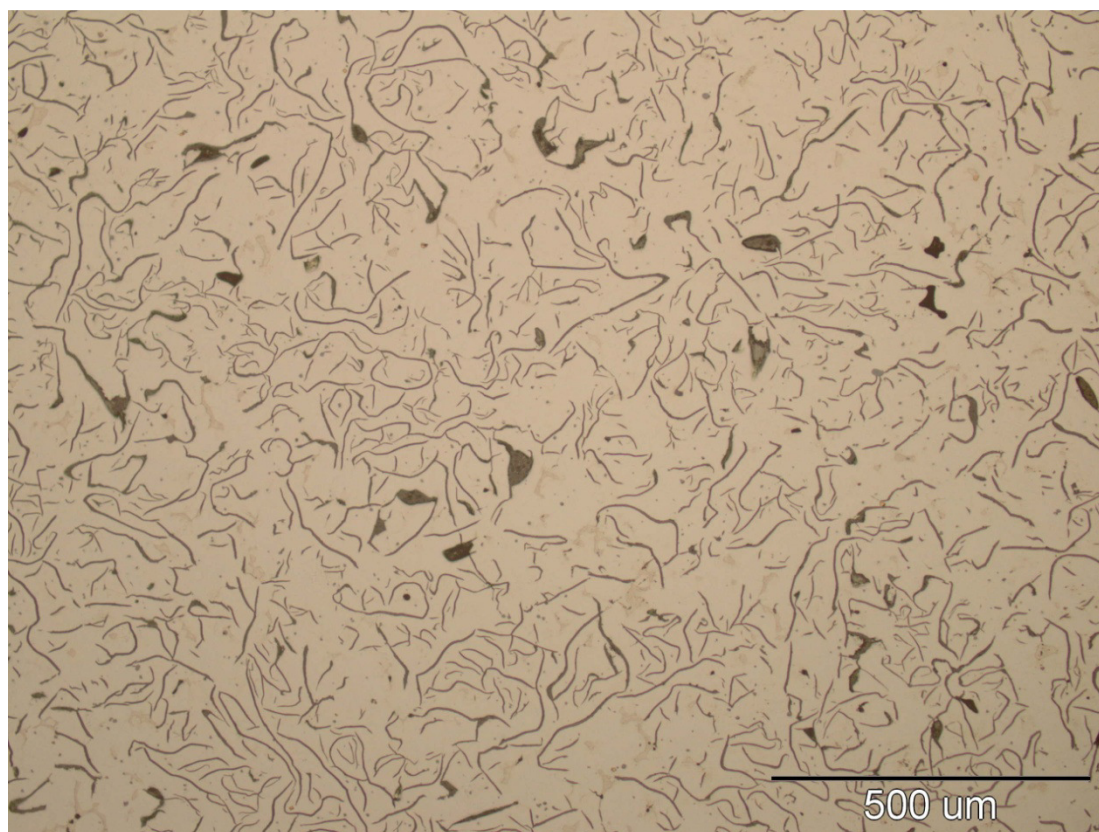
Slika 109. Postupak nagrizanja

Metalografska analiza je vršena pomoću svjetlosnog mikroskopa OLYMPUS GX51 u laboratoriju za materijalografiju Fakulteta strojarstva i brodogradnje.

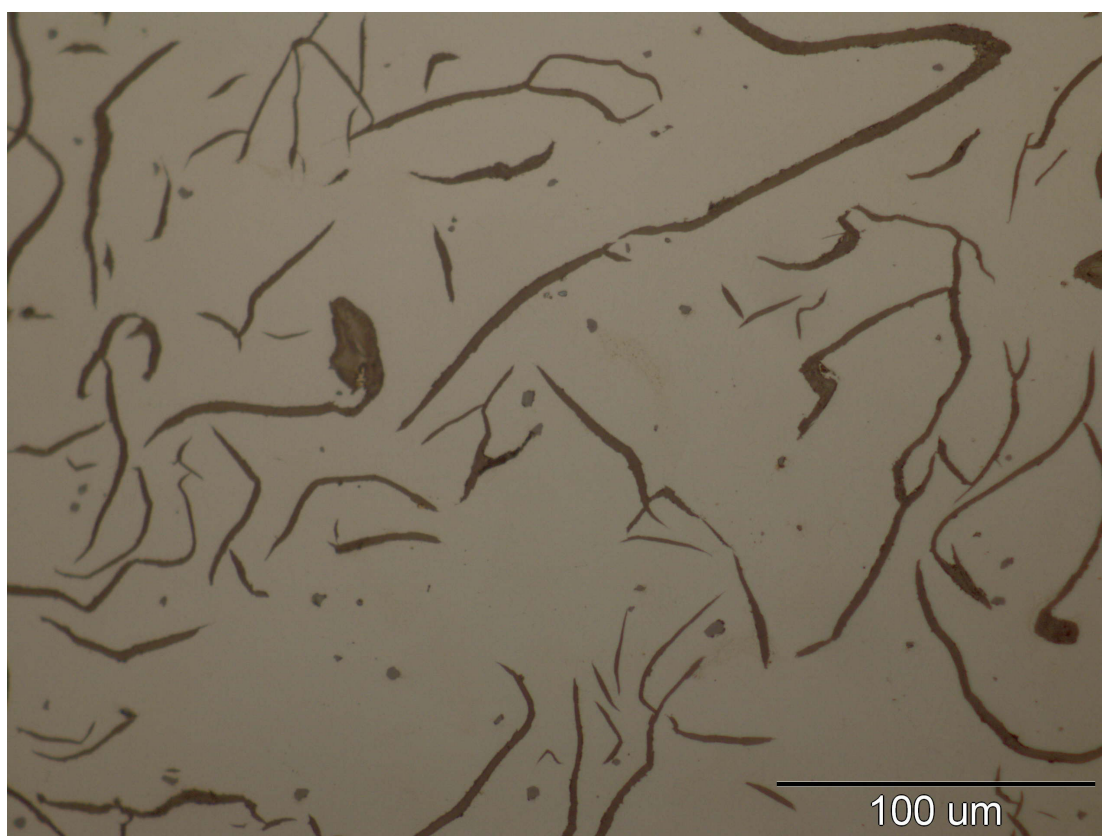


Slika 110. Svjetlosni mikroskop OLYMPUS GX51

Na sljedećim slikama su prikazani rezultati dobiveni svjetlosnim mikroskopom.

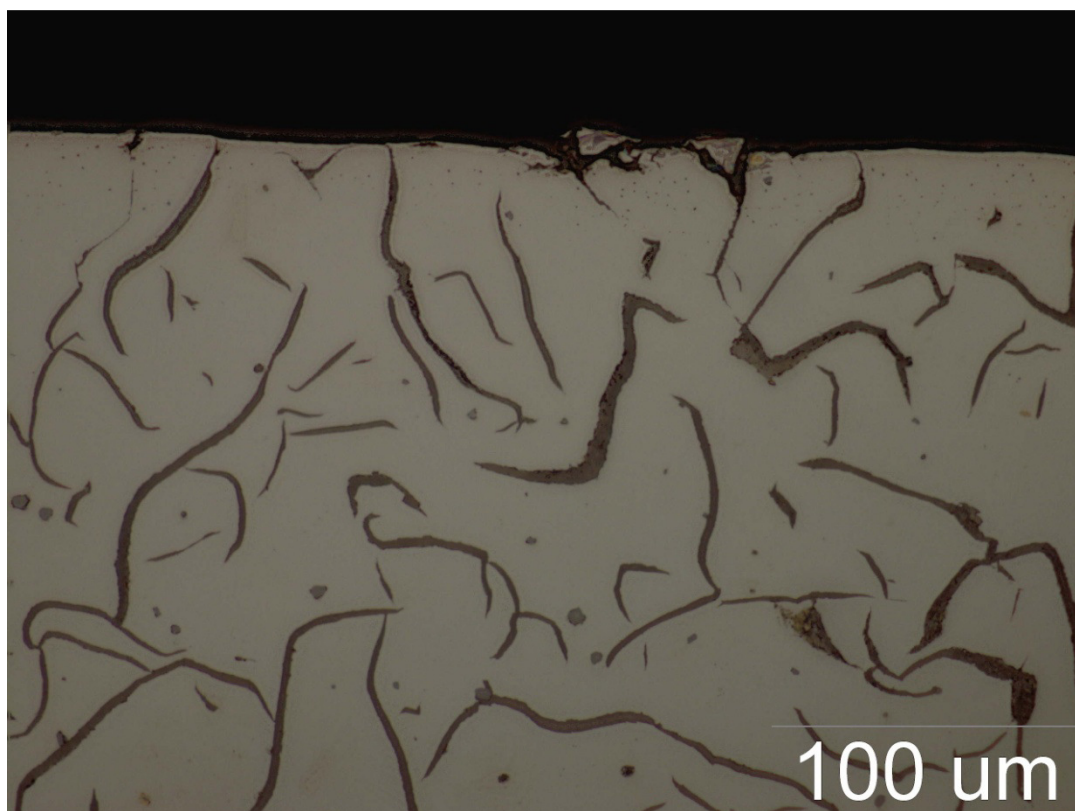


Slika 111. Mikrostruktura u poliranom stanju(sredina), povećanje 100x

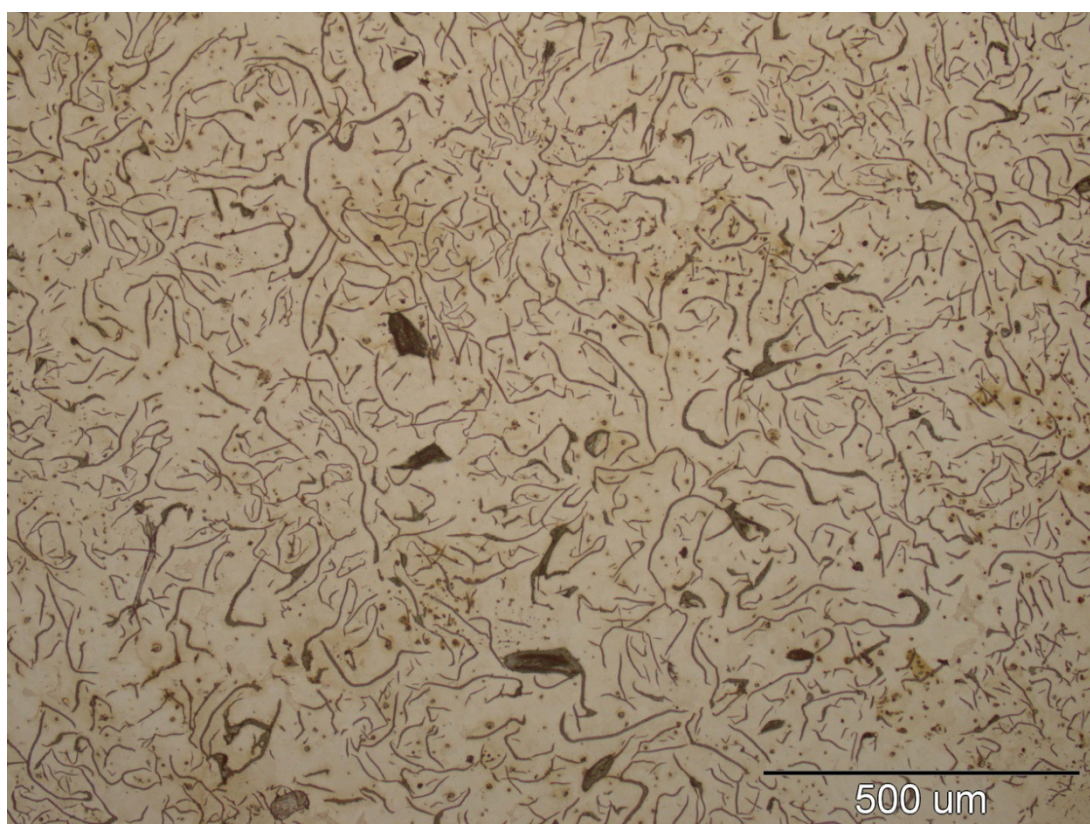


Slika 112. Mikrostruktura u poliranom stanju(sredina), povećanje 500x



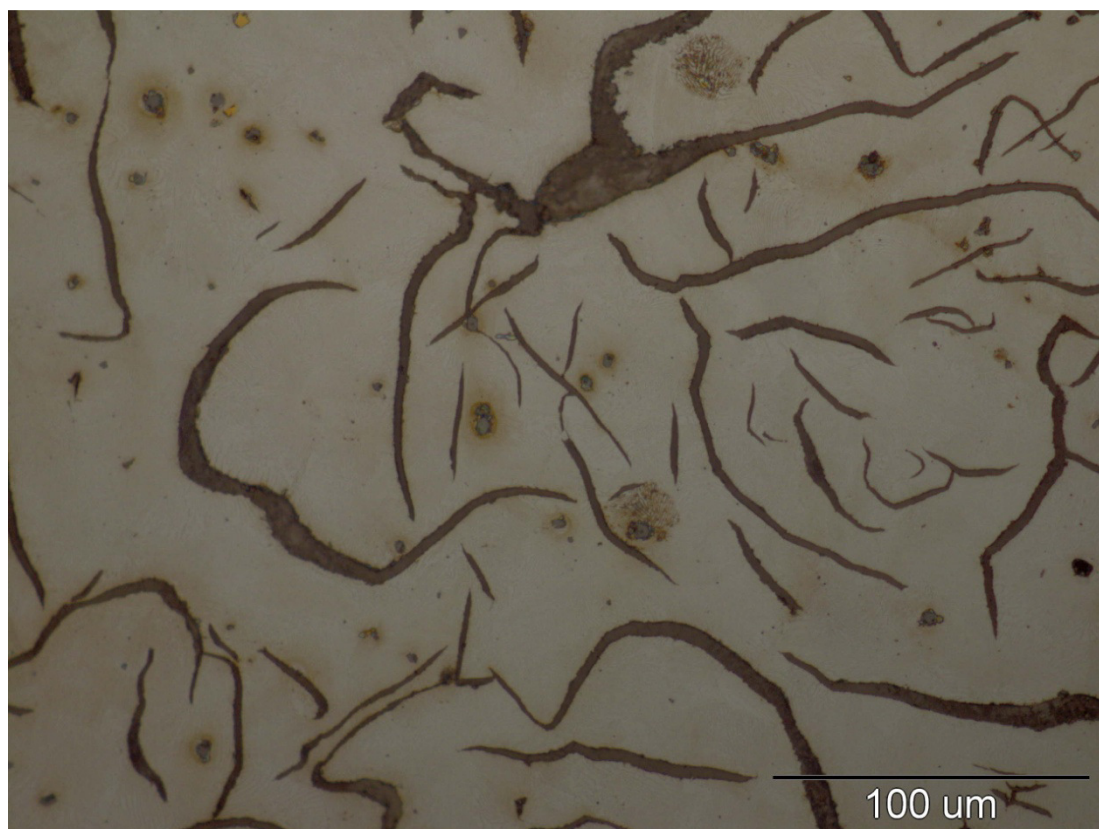


Slika 113. Mikrostruktura u poliranom stanju(rub), povećanje 500x

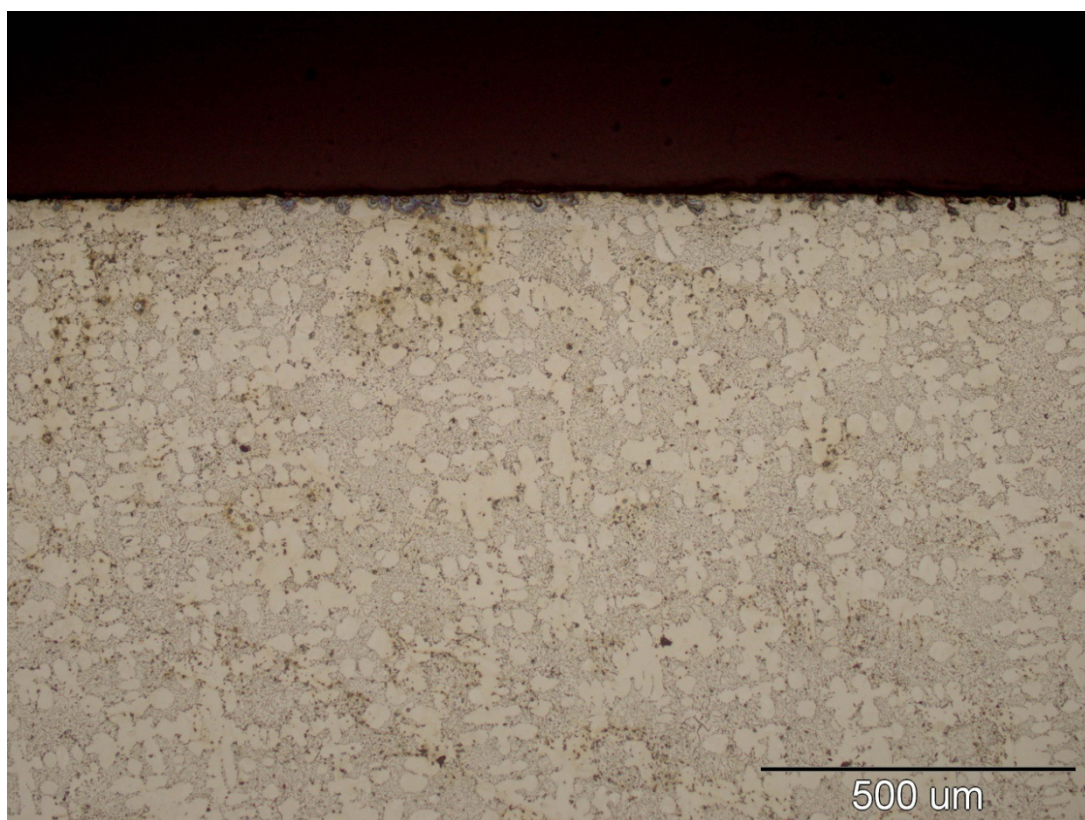


Slika 114. Mikrostruktura u nagriženom stanju(sredina), povećanje 100x



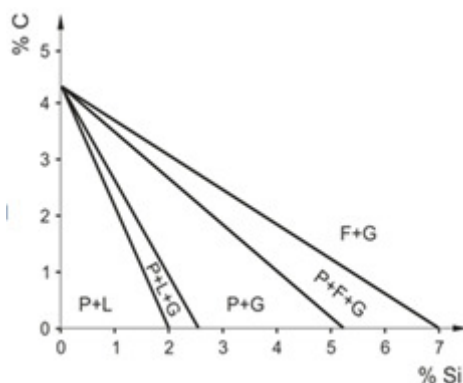


Slika 115. Mikrostruktura u nagriženom stanju(sredina), povećanje 500x



Slika 116. Mikrostruktura u nagriženom stanju(rub), povećanje 100x

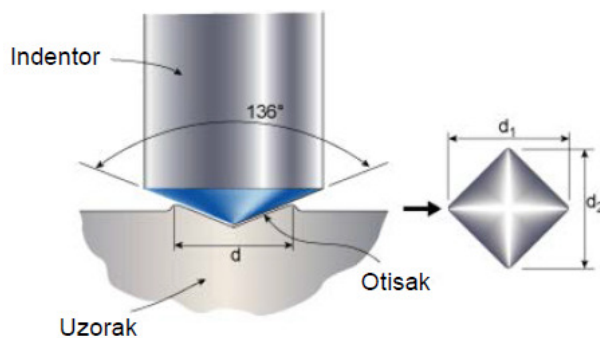
Na slikama se vidi da je mikrostruktura sivog lijeva dvojna. Ona se sastoji od željezne osnove koja je feritna te grafitnih nakupina što znači da je riječ o feritnom sivom lijevu. Dakle, sivi lijev se sastoji od ferita i grafita. Radi se o lističavom grafitu tipa A koji ima jednako raspodijeljene grafitne listiće i nasumice orijentirane. Također, još jedan način da se odredi mikrostruktura sivog lijeva je Klingensteinov strukturni dijagram. On je samo potvrda da se mikrostruktura sastoji od ferita i grafita.



Slika 117. Klingensteinov strukturni dijagram[34]

#### 6.4. Ispitivanje tvrdoće

Tvrdoća uzorka mjerena je metodom po Vickersu. Indentor je dijamantna četverostrana piramida s vršnim kutom od  $136^\circ$ . Ovakav kut nije odabran nasumice, već se utiskivanjem indentora s tim kutem, dobivaju vrijednosti tvrdoće neovisne o primijenjenoj sili, pa se tvrdoća mekih materijala i tvrdih materijala može mjeriti primjenom iste sile, a isto tako se tvrdoća istog materijala može mjeriti s različitim opterećenjima. Utiskivanjem ovakvog indentora u materijalu ostaje otisak oblika piramide što je prikazano na donjoj slici. Pomoću mjernog mikroskopa mjere se dijagonale ( $d_1, d_2$ ) te se tvrdoća računa na osnovi veličine uzorka. Uteg s kojim se izvodilo ispitivanje je bio mase od 200 g.[35]



Slika 118. Prikaz indentora i otiska kod Vickersove metode[35]

Prednosti Vickersove metode[36]:

- tvrdoća je neovisna o primijenjenoj sili
- moguće mjerenje tvrdoće i najtvrdijih materijala
- moguće je mjerenje tvrdoće vrlo tankih uzoraka te čak tvrdoće pojedinih zrna
- otisak je vrlo malen pa ne oštećuje površinu

Nedostaci Vickersove metode:

- potrebna priprema površine uzorka na kojoj se obavlja mjerenje
- za mjerenje veličine otiska potreban je mjerni mikroskop

Na slici 119 je prikazan postupak ispitivanje mikrotvrdoće na odgovarajućem uzorku te su nam u tablici 7 su dati rezultati ispitivanja tvrdoće.



Slika 119. Postupak ispitivanja mikrotvrdoće

Tablica 7. Rezultati ispitivanja tvrdoće

Mjerenje	Broj mjerenja	Tvrdoća [HV0,2]	Srednja tvrdoća [HV0,2]
Sredina	1.	325	336
	2.	308	
	3.	375	
Rub	1.	292	316
	2.	325	
	3.	331	

Iz ovih podataka možemo zaključiti da nema značajne razlike u tvrdoći mjerene u sredini i na rubovima uzorka.

## 7. ZAKLJUČAK

U radu je analizirana djelatnost jednog od proizvođača staklene ambalaže te je opisan cjelokupni proces proizvodnje staklene ambalaže.

Također, u eksperimentalnom dijelu rada je pronađen primjer i analizirano trošenje alata za staklenu ambalažu. Nakon detaljne analize na nepoznatom uzorku koja je obuhvatila sljedeća ispitivanja:

- kemijsku analizu materijala metodom optičke emisijske spektrometrije
- analizu mikrostrukture uz pomoć svjetlosnog mikroskopa
- mjerenje tvrdoće po Vickersu (HV0,2)

možemo zaključiti sljedeće:

- Alat za staklenu ambalažu se u najvećoj mjeri troši prilikom samog popravka alata. Dakle, prilikom same proizvodnje staklene ambalaže ne dolazi do znatnijeg trošenja (osim u slučaju nečistoća), ali se mogu pojaviti neka oštećenja kao što su pukotine zbog kojih se alat tada mora podvrgnuti odgovarajućem postupku popravka.
- Materijal uzorka po kemijskom sastavu odgovara sivom lijevu. Možemo primjetiti da se radi o većem udjelu silicija koji je izuzetno jak grafitizator koji omogućuje stvaranje grafita.
- Analizom mikrostrukture zaključujemo da se radi o feritnom sivom lijevu. Dakle, mikrostruktura mu je dvojna. Sastoji se od feritne osnove i grafitnih nakupina koje su jednolično raspoređene. Također, vidimo da se radi o istoj mikrostrukturi i u sredini i na rubovima ispitivanog uzorka.
- Mjerenjem tvrdoće smo ustanovili da se ne radi o značajnoj razlici u iznosu tvrdoće na sredini i rubovima uzorka. Na temelju toga možemo zaključiti da na ovom uzorku nije provedena odgovarajuća toplinska obrada.

## 8. LITERATURA

- [1] Skupina autora; Inženjerski priručnik, proizvodno strojarstvo, organizacija proizvodnje, prvo izdanje, Zagreb, 2002.
- [2] Podaci prikupljeni u poduzeću Omco Croatia d.o.o.
- [3] Podaci prikupljeni u poduzeću Vetropack Straža d.d.
- [4] Fruk V.; Primjena robota u izradi kalupa za staklenu ambalažu, završni rad, Zagreb, 2009.
- [5] Blažun G.; Analiza vremena izrade dna kalupa primjenom simultanog 5- osnog glodanja, završni rad, Zagreb, 2009.
- [6] <http://www.kzz.hr> - pristupljeno 30.11.2014.
- [7] [www.vetropack.hr](http://www.vetropack.hr)
- [8] Pavić, M. Izvješće o industrijskoj praksi, Zagreb, 2014.
- [9] Management sistem Vetropack grupe
- [10] Vetropack prezentacija 2008
- [11] [www.glaz.hr](http://www.glaz.hr) - pristupljeno 15.12.2014.
- [12] Filetin T.; Recikliranje materijala, podloge za predavanja, Zagreb, 2014.
- [13] [www.recikliranje-stakla.com](http://www.recikliranje-stakla.com) - pristupljeno 28.12.2014.
- [14] Priručnik s procesima proizvodnje staklene ambalaže, Vetroconsult, 2001.
- [15] Novosel M., Cajner F., Krumes D.; Alatni materijali, Strojarski fakultet u Osijeku, Slavonski Brod, 1996.
- [16] <https://www.sfsb.hr/kth/zavar/tii/sl.html> - pristupljeno 29.01.2015.
- [17] Ivetić N.; Izrada odljevaka od sivog lijeva, završni rad, Zagreb, 2010.
- [18] [http://www.fsb.unizg.hr/usb\\_frontend/files/1383141216-0-repetitorij3\\_im.ppt](http://www.fsb.unizg.hr/usb_frontend/files/1383141216-0-repetitorij3_im.ppt) - pristupljeno 10.02.2015.
- [19] [http://vtsbj.hr/images/uploads/Tehnicki\\_materijali\\_4-II.pdf](http://vtsbj.hr/images/uploads/Tehnicki_materijali_4-II.pdf) - pristupljeno 10.02.2015.
- [20] Novosel M., Krumes D.; Željezni materijali (metalografske osnove i tehnička primjena željeznih lijevova), Strojarski fakultet u Slavonskom brodu, Slavonski Brod, 1997.
- [21] Stupnišek M., Cajner F.; Osnovne toplinske obrade, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2001.
- [22] Novosel M., Krumes D.; Željezni materijali, 1. dio, Ljevovi, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, 1994.
- [23] Žmak I.; Modeliranje strukture i svojstava nodularnog lijeva neuronskim mrežama, doktorski rad, Zagreb, 2008.



- [24] <http://www.metallography.com/technotes/iron/nodular.htm> - pristupljeno 10.03.2015.
- [25] Vuković G.; Erozijsko trošenje izotermički poboljšanog te naknadno sačmarenog nodularnog lijeva, završni rad, Zagreb, 2009.
- [26] <http://proizvodno-strojarstvo.blogspot.com/2011/07/nodularni-zilavi-lijev.html> - pristupljeno 15.03.2015.
- [27] Špoljar V.; Karakterizacija mikrostrukture i svojstva bronci, diplomski rad, Zagreb, 2009.
- [28] Ivušić V.; Tribologija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1998.
- [29] Grilec K., Ivušić V.; Tribologija, autorizirana predavanja, Zagreb, 2011.
- [30] Hočevar I.; Trošenje alatnih čelika za izradu štanci, diplomski rad, Zagreb, 2013.
- [31] [http://www.vorax.hr/dokumenti/hr/vrst\\_tros\\_hr.html](http://www.vorax.hr/dokumenti/hr/vrst_tros_hr.html) - pristupljeno 25.03.2015.
- [32] <http://centar-alata.hr/wolfcraft-fi-50mm-lepezasti-brusni-kolut-2032000.html> - pristupljeno 13.04.2015.
- [33] Ćurković, L.; predavanja iz kolegija Karakterizacija materijala, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, 2012.
- [34] Filetin T., Kovačiček F., Indof J.; Svojstva i primjena materijala, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2009.
- [35] <http://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/hardness-testing-part-1-074/> - pristupljeno 25.06.2015.
- [36] Ivušić V., Franz M., Španiček Đ., Ćurković L.; Materijali 1, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2014.